

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації
за освітньо-професійною програмою**

на тему: Реконструкція системи опалення та вентиляції корпусу «Ф»
Полтавського НТУ імені Юрія Кондратюка

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»
УДК 697.921.47

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: Реконструкція системи опалення та вентиляції корпусу «Ф» Полтавського НТУ
імені Юрія Кондратюка

Виконав: студент II курсу, групи ТП-81мп

_____ Богдан Кирило Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник Старший викладач Шовкалюк Ю.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з охорони праці к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

_____ (підпис)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Реконструкція системи опалення та вентиляції корпусу «Ф» Полтавського НТУ імені Юрія Кондратюка»: 84 с., 4 рис., 20 табл., 2 дод., 4 джерела, 9 креслень формату А1.

Об'єкт розробки – будівля вищого навчального закладу.

Мета роботи – розробка проекту реконструкції систем опалення та вентиляції будівлі навчального закладу, які призначені для створення нормованих санітарно-технічних умов для студентів та персоналу в холодний та теплий періоди року, що є актуальною задачею.

Наведені розрахунки втрат теплоти приміщеннями у холодний період, розраховані необхідні повітрообміни у приміщеннях, проведений підбір опалювальних приладів, підбір вентиляційного обладнання, гідравлічний розрахунок системи опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, техніко-економічний розрахунок проекту реконструкції систем опалення та вентиляції.

Система опалення – двотрубна вертикальна з верхньою розводкою. Проектом реконструкції передбачено заміну опалювальних пристроїв та встановлення на них регулюючих клапанів та заміну трубопроводів системи опалення.

Система вентиляції – припливно-витяжна з механічним спонуканням. Припливно-витяжні установки обладнані теплообмінником для рекуперації теплоти відхідного повітря. Розрахунки повітрообміну виконані за нормою повітрообміну на студента а також нормативною кратністю повітрообміну для інших ненавчальних приміщень. За результатами розрахунків були обрані припливно-витяжні установки, витяжні вентилятори, повітропроводи та припливні та витяжні решітки.

Розроблений стартап-проект, в результаті техніко-економічних розрахунків показано, що використання рекуператорів для утилізації теплоти витяжного повітря дає економічний ефект біля 1600. грн. за рік.

Передбачені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Результати роботи упроваджені в ТОВ «ХІТЕКС Інжиніринг», апробація роботи здійснена доповіддю на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» у 2019 році з публікацією тез.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вентиляція, опалення, теплові втрати, повітрообмін, теплопостачання, радіатор, вентилятор, економічний ефект.

ABSTRACT

Master's thesis for a master's degree in educational and professional training program on the topic: "Reconstruction of the heating and ventilation system of the building" f "Poltava NTU named after Yuri Kondratyuk": 94 pages., 4 Fig., 20 tab., 2 ADJ., 4 sources, 9 A1 drawings.

The object of development is the building of a higher educational institution.

The purpose of the work is to develop a project for the reconstruction of heating and ventilation systems of the building of the educational institution, which are designed to create normalized sanitary conditions for students and staff in the cold and warm periods of the year, which is an urgent task.

The calculations of heat losses of premises in a cold period, calculated potrebni necessary in the premises, a selection of heating devices, ventilation equipment selection, hydraulic calculation of heating system, aerodynamic calculation of ventilation systems, techno-economic calculation of the project of reconstruction of heating systems and ventilation.

Heating system-two-pipe vertical with top wiring. The reconstruction project provides for the replacement of heating devices and installation of control valves and replacement of pipelines of the heating system.

Ventilation system-supply and exhaust with mechanical motive. The supply and exhaust units are equipped with a heat exchanger to recover the heat of the exhaust air. Calculations of air exchange are carried out according to the rate of air exchange per student as well as the normative multiplicity of air exchange for other non-teaching premises. According to the results of calculations, supply and exhaust installations, exhaust fans, air ducts and supply and exhaust grids were selected.

A startup project was developed, as a result of technical and economic calculations it was shown that the use of recuperators for the utilization of exhaust air heat gives an economic effect of about 1600. UAH. for a year.

There are measures for occupational health and safety in emergency situations.

The results have been implemented in OOO "Heatex Engineering", testing work carried out by report at the International scientific-practical conference "Modern problems of scientific support energy" in 2019 with the publication of abstracts.

Keywords: ventilation, heating, heat losses, air exchange, heat supply, radiator, fan, economical effect.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на соискание степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Реконструкция системы отопления и вентиляции корпуса «Ф» Полтавского НТУ имени Юрия Кондратюка»: 94 стр., 4 рис., 20 табл., 2 прил., 4 источника, 9 чертежей формата А1.

Объект разработки – здание высшего учебного заведения.

Цель работы – разработка проекта реконструкции систем отопления и вентиляции здания образовательного учреждения, которые предназначены для создания нормируемых санитарно-технических условий для студентов и персонала в холодный и теплый периоды года, что является актуальной задачей.

Приведены расчеты потерь теплоты помещениями в холодный период, рассчитаны необходимые повітрообміни в помещениях, проведен подбор отопительных приборов, подбор вентиляционного оборудования, гидравлический расчет системы отопления, аэродинамический расчет систем вентиляции, технико-экономический расчет проекта реконструкции систем отопления и вентиляции.

Система отопления – двухтрубная вертикальная с верхней разводкой. Проектом реконструкции предусмотрена замена отопительных устройств и установка на них регулирующих клапанов и замену трубопроводов системы отопления.

Система вентиляции – приточно-вытяжная с механическим побуждением. Приточно-вытяжные установки оборудованы теплообменником для рекуперации теплоты отходящего воздуха. Расчеты воздухообмена выполнены по норме воздухообмена на студента а также нормативной кратностью воздухообмена для других неучебных помещений. По результатам расчетов были выбраны приточно-вытяжные установки, вытяжные вентиляторы, воздуховоды и приточные и вытяжные решетки.

Предусмотрены меры по охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Результаты работы внедрены в ООО «ХІТЕКС Інжиніринг», апробация работы осуществлена докладом на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы научного обеспечения энергетики» в 2019 году с публикацией тезисов.

Ключевые СЛОВА: вентиляция, отопление, тепловые потери, воздухообмен, теплоснабжение, радиатор, вентилятор, экономичный эффект.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	7
1 Вступ.....	8
2 Розрахунок теплових втрат в приміщеннях.....	11
3 Визначення розрахункових теплообмінів в приміщеннях.....	22
4 Теплова потужність системи опалення.....	28
5 Підбір опалювальних приладів.....	35
5.1 Розрахунок кількості секцій опалювальних приладів.....	38
6 Гідрравлічний розрахунок системи опалення.....	47
7 Підбір вентиляційного обладнання.....	56
7.1 Аеродинамічний розрахунок системи припливно-витяжної вентиляції актовий зали.....	57
7.2 Підбір обладнання системи припливно-витяжної вентиляції актовий зали.....	64
8 Схема автоматизації приточно-витяжної установки.....	68
8.1 Автоматика регулювання.....	69
9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	71
9.1 Технічні рішення та організаційні заходи в безпеці експлуатації технічного обладнання.....	72
9.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії.....	75
9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79

					ТП-81мп 46 01 ПЗ		
Зм	Лист	№ доки	Підпис	Дат			
Головний	Богдан				Опалення та вентиляція будівлі навчального закладу Пояснювальна записка	Літ	Апкш
Керівник	Шибляк					МДп	5
Промисл						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ	
Начальник	Боженко						
Зав. кафе	Варламов						

10 Техніко-економічні розрахунки.....	82
10.1 Вихідні дані.....	82
10.2 Капітальні витрати.....	82
10.3 Експлуатаційні витрати.....	83
10.4 Економічний ефект.....	84
Висновки.....	86
Посилання.....	88

Додатки

Звіт з проходження перевірки на антиплагіат

Технічне завдання на конструкторсько-технологічну роботу

Акт впровадження результатів роботи

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						6
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Символи:

Q – тепловий потік, кількість теплоти і т. ін.;

t – температура;

F – площа;

ρ – густина;

c – теплоємність;

h – висота;

R – термічний опір;

L – повітрообмін;

n – кількість, кратність повітрообміну і т. ін.;

q – питомий тепловий потік;

P – тиск;

ω – швидкість;

d – діаметр;

G – витрата теплоносія.

Індекси нижні:

втр - втрати;

транс – трансмісійні;

інф – інфільтрація;

вн – внутрішні;

зов – зовнішні;

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						7
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

сум – сумарні;

поб – побутові;

о – опалення;

в – вентиляція;

пр – прилад;

р – розрахункова;

ср – середня.

Скорочення:

ДБН – державні будівельні норми;

ЗС – зовнішня стіна;

В – вікно;

ПГ – перекриття горища;

ПП – перекриття підвалу;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						8
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ВСТУП

Вентиляція є одним із найважливіших санітарно-гігієнічних заходів, що забезпечують підтримання нормативних параметрів повітря у приміщенні. Проектування систем вентиляції регламентується Державними будівельними нормами України.

Мета дипломного проекту – розроблення проекту капітального ремонту системи вентиляції першого, другого і третього поверхів Ф корпусу Полтавського Національного Технічного Університету імені Юрія Кондратюка. Існуюча система вентиляції в будівлі – механічна, припливно-витяжна із використанням вентиляційних каналів у стінах будівлі. Після огляду системи вентиляції було встановлено, що вентиляційне обладнання вийшло з ладу, більшість вентиляційних каналів було закладено, отже, існуюча система вентиляції не функціонувала належним чином. Проблемою існуючої системи вентиляції є її невідповідність до сучасних вимог енергоефективності та енергозбереження.

Діючі Державні будівельні норми України вимагають встановлення у навчальних аудиторіях припливно-витяжних установок з використанням теплоти витяжного повітря для підігріву припливного повітря. Проектом передбачено встановити припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла, які не передбачають улаштування вентиляційних каналів, отже, всі існуючі вентиляційні канали було вирішено закласти. Видалення повітря із не навчальних приміщень було вирішено організувати за допомогою настінних витяжних вентиляторів. Вентиляцію танцювальної зали та великого актового залу вирішено організувати за допомогою припливно-витяжних установок із рекуперацією тепла. Усі припливно-витяжні установки мають електричний нагрівач повітря.

Проблема енергозбереження є однією з найактуальніших проблем на сьогодні. Споживання енергії в нашій країні, як і у всьому світі невинно зростає і перш за все для теплозабезпечення будівель та споруд. Основними серед тепловитрат на комунально-побутові потреби в будівлях (опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання) є затрати на опалення.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						9
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Це пояснюється умовами експлуатації будівель у холодний період року, коли тепловтрати через огорожувальні конструкції будівель значно перевищують внутрішні тепловиділення. Для підтримки необхідної температури внутрішнього повітря будівлі обладнують системами опалення. Система опалення згідно з ДБН В.2.5-67-2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, у першу чергу повинна забезпечити розрахункову температуру повітря з огляду на: втрати теплоти через огорожувальні конструкції; витрати теплоти на нагрівання інфільтрованого зовнішнього повітря; витрати теплоти на нагрівання матеріалів, устаткування та транспортних засобів; тепловий потік, що надходить від електричних приладів. В умовах високих теплотехнічних потреб до систем опалення, відповідно будівельним нормам, необхідно поєднати високе енергозбереження та комфортні умови в системі опалення при мінімальних затратах. На даний момент проекти “старого зразка” не можуть забезпечити відповідні умови. Але за наявності сучасних технологій, якісних теплоізоляційних матеріалів та трубопроводів для систем опалення, ми маємо змогу мінімізувати тепловитрати, забезпечивши всі необхідні та комфортні умови у будівлях та спорудах.

Метою даної дипломної роботи є проектування модернізованої системи опалення, яка у порівнянні із проектами минулих років буде енергетично ефективною та економічно вигідною з коротким терміном окупності.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						10
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ В ПРИМІЩЕННЯХ

Щоб правильно підібрати опалювальні прилади в приміщенні, необхідно знати його тепловтрати. Тому розрахунок тепловтрат є одним з головних етапів проектування системи опалення.

Для розрахунку використовують наступні дані: плани поверхів з вказівкою призначення приміщень, призначення кожного приміщення, місце спорудження будинку, теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень. Всі опалювальні приміщення на плані позначені порядковими номерами за годинниковою стрілкою (починаючи з №101 і далі - приміщення першого поверху, з № 201 і далі - другого поверху і т.д.).

Втрати тепла приміщеннями через конструкції, що огорожують, визначають шляхом підсумовування основних і додаткових втрат.

Теплові втрати приміщеннями житлових, громадських та промислових будівель, кВт, розраховуються для холодного періоду року за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_{\text{транс}} + Q_{\text{інф}}; \quad (2.1)$$

де $\Sigma Q_{\text{обг.і}}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт;

$Q_{\text{інф}}$ – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, яке надходить до приміщень, кВт.

Втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції складаються з основних та додаткових і розраховуються для кожного елемента огорожувальної конструкції за формулою:

$$Q_{\text{транс}} = (1/r_i) F_i \Delta t_i (1 + \Sigma \beta)_i n_i; \quad (2.2)$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт;

F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м²;

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						11
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Δt_i – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °C;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу;

$\Sigma \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних;

Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря $Q_{\text{інф}}$, кВт, розраховуються для кожного опалюваного приміщення, яке має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву нагрівальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину за формулою

$$Q_{\text{інф}} = (1/3600) c_p \rho_p F_p h (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}); \quad (2.3)$$

де c_p – питома масова теплоємність повітря, Дж/(кг·К), яку можна взяти 1005 Дж/(кг·К);

ρ_p – густина повітря, кг/м³

F_p – площа підлоги приміщення, м²;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше як 3,5 м.

Розрахуємо теплові втрати приміщення 118Ф (Навчальна аудиторія).

Вихідні дані для розрахунку:

Температура всередині приміщення: $t_{\text{вн}}=18$ °C,

Зовнішня температура: $t_{\text{зов}}=-23$ °C,

Площа огорожуючих конструкцій: $F_{\text{вікон}}=10,09$ м², $F_{\text{стіл}}=31,02$ м²

Термічні опори огорожуючих конструкцій: $R_{\text{вікон}}=0,94$ м²·°C/Вт, $R_{\text{стіл}}=3,2$ м²·°C/Вт

За [1] беремо коефіцієнти теплопередачі для огорожуючих конструкцій:

$\alpha_3=23$ Вт/м²·°C, $\alpha_{\text{вн}}=8,7$ Вт/м²·°C

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Втрати теплоти через огорожуючі конструкції, Вт:

$$Q_{\text{транс}} = \left(\frac{1}{\frac{1}{8,7} + 0,94 + \frac{1}{23}} \right) \cdot 10,09 \cdot (18 - (-23)) + \left(\frac{1}{\frac{1}{8,7} + 3,2 + \frac{1}{23}} \right) \cdot 31,02 \cdot (18 - (-23)) = 810,33 \text{ Вт}$$

Таким чином проводжу розрахунок втрат теплоти через огорожуючі конструкції для всі приміщень будівлі. Розрахунки заносу до таблиці.

Таблиця 2.1. Теплові втрати приміщень на цокольному поверсі будівлі

№	Призначення	t _{вн} , °C	t _{зов} , °C	Вид огор. констр	F, м²	k, Вт/(м²·°C)	Q _{транс} , Вт	Q _{сум} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
027ф	Кладова	18	-23	ЗС	13,86	0,294	167,135	215,047
		18	8	ПП	21,2	0,226	47,912	
029ф	Кладова	18	-23	ЗС	20,79	0,294	250,703	331,385
		18	8	ПП	35,7	0,226	80,682	
030(1)ф	Лабораторія	18	-23	В	9,558	0,909	356,253	821,983
		18	-23	ЗС	29,382	0,294	354,312	
		18	8	ПП	49,3	0,226	111,418	
030(2)ф	Лабораторія	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	490,476
		18	-23	ЗС	27,852	0,294	335,862	
		18	8	ПП	12,9	0,226	29,154	
030(5)ф	Лабораторія	18	-23	В	1,8	0,909	67,091	458,047
		18	-23	ЗС	30,228	0,294	364,514	
		18	8	ПП	11,7	0,226	26,442	
030(4)ф	Лабораторія	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	265,630
		18	-23	ЗС	9,075	0,294	109,434	
		18	8	ПП	13,6	0,226	30,736	
030ф	Лабораторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	529,763
		18	-23	ЗС	13,959	0,294	168,329	
		18	8	ПП	48,9	0,226	110,514	
020ф	Майстерня	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	638,363
		18	-23	ЗС	19,404	0,294	233,989	
		18	8	ПП	67,9	0,226	153,454	
021ф	Аудиторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	469,918
		18	-23	ЗС	12,276	0,294	148,034	
		18	8	ПП	31,4	0,226	70,964	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
018ф	Майстерня	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	292,386
		18	-23	ЗС	10,263	0,294	123,760	
		18	8	ПП	19,1	0,226	43,166	
017ф	Лаборатоія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	480,921
		18	-23	ЗС	12,458	0,294	150,223	
		18	8	ПП	35,3	0,226	79,778	
016ф	Лабораторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	715,327
		18	-23	ЗС	18,381	0,294	221,653	
		18	8	ПП	51,9	0,226	117,294	
015ф	Лабораторія	18	-23	В	3,7706	0,909	140,539	370,333
		18	-23	ЗС	6,3869	0,294	77,018	
		18	8	ПП	67,6	0,226	152,776	
012ф	Майстерня	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	376,027
		18	-23	ЗС	17,424	0,294	210,113	
		18	8	ПП	17,9	0,226	40,454	
12ф	Кабінет	18	-23	ЗС	11,88	0,294	143,259	153,881
		18	8	ПП	4,7	0,226	10,622	
11ф	Кабінет	18	-23	В	6,084	0,909	226,767	395,255
		18	-23	ЗС	11,555	0,294	139,334	
		18	8	ПП	12,9	0,226	29,154	
10ф	Кабінет	18	-23	В	6,084	0,909	226,767	418,834
		18	-23	ЗС	13,716	0,294	165,399	
		18	8	ПП	11,8	0,226	26,668	
019	Коридор	18	-23	В	6,084	0,909	226,767	1031,283
		18	-23	ЗС	23,187	0,294	279,608	
		18	8	ПП	232,26	0,226	524,908	
14ф	Лабораторія	18	-23	В	6,084	0,909	226,767	1351,401
		18	-23	Двері	9,849	1,000	403,809	
		18	-23	ЗС	33,369	0,294	402,391	
		18	8	ПП	140,9	0,226	318,434	
13ф	Лабораторія	18	-23	В	6,084	0,909	226,767	514,432
		18	-23	ЗС	13,716	0,294	165,399	
		18	8	ПП	54,1	0,226	122,266	
8ф	Кладова	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	626,725
		18	-23	ЗС	37,389	0,294	450,867	
		18	8	ПП	22,3	0,226	50,398	

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						14
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7ф	Кладова	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	236,359
		18	-23	ЗС	5,973	0,294	72,027	
		18	8	ПП	17,2	0,226	38,872	
019ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	360,346
		18	-23	ЗС	13,2	0,294	159,176	
		18	8	ПП	33,5	0,226	75,710	
007ф	Лекційна аудиторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	969,323
		18	-23	ЗС	26,4	0,294	318,353	
		18	8	ПП	121,5	0,226	274,590	
006ф	Лабораторія	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	364,640
		18	-23	ЗС	13,2	0,294	159,176	
		18	8	ПП	35,4	0,226	80,004	
05ф	Лекційна аудиторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	967,515
		18	-23	ЗС	26,4	0,294	318,353	
		18	8	ПП	120,7	0,226	272,782	
004ф	Майстерня	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	363,284
		18	-23	ЗС	13,2	0,294	159,176	
		18	8	ПП	34,8	0,226	78,648	
003ф	Лекційна аудиторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	968,871
		18	-23	ЗС	26,4	0,294	318,353	
		18	8	ПП	121,3	0,226	274,138	
002ф	Лабораторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	517,260
		18	-23	ЗС	13,728	0,294	165,544	
		18	8	ПП	44,6	0,226	100,796	
001ф	Кладова	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	883,228
		18	-23	ЗС	43,758	0,294	527,670	
		18	8	ПП	46,3	0,226	104,638	
Сумарні втрати теплоти поверху								16578,245

Таблиця 2.2. Теплові втрати приміщень на першому поверсі будівлі

№	Призначення	t _{вн} , °C	t _{зов} , °C	Вид огор. констр	F, м²	K, Вт/(м²·°C)	Q транс, Вт	Q _{сум} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
126ф	Кафедра	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	748,057
		18	-23	3С	30,82	0,294	371,677	
102	Коридор	16	-23	В	3,37	0,909	119,340	540,678
		16	-23	3С	15,31	0,294	175,638	
		16	-23	Двері	6,93	0,909	245,700	
124ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	225,343
		18	-23	3С	8,28	0,294	99,883	
123ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	212,211
		18	-23	3С	7,19	0,294	86,751	
122ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	222,956
		18	-23	3С	8,09	0,294	97,496	
121(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	204,252
		18	-23	3С	6,53	0,294	78,792	
121ф	Деканат	18	-23	В	6,73	0,909	250,920	645,280
		18	-23	3С	32,70	0,294	394,360	
108	Коридор 2	16	-23	3С	8,25	0,294	94,632	94,632
120ф	Кафедра	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	822,870
		18	-23	3С	37,03	0,294	446,490	
119ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	224,945
		18	-23	3С	8,25	0,294	99,485	
118ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	750,445
		18	-23	3С	31,02	0,294	374,065	
4ф	Кабінет	18	-23	3С	6,37	0,294	76,803	117,393
		18	-23	В	3,37	0,294	40,590	
116ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	208,630
		18	-23	3С	6,90	0,294	83,170	
115ф	Аудиторія	18	-23	В	6,73	0,909	250,920	400,148
		18	-23	3С	12,38	0,294	149,228	
114ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	597,237
		18	-23	3С	18,32	0,294	220,857	
113ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	587,289
		18	-23	3С	17,49	0,294	210,909	
3ф	Кладова	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	335,573
		18	-23	3С	17,42	0,294	210,113	
7ф	Кабінет	18	-23	3С	11,88	0,294	143,259	143,259

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6ф	Кабінет	18	-23	B	6,08	0,909	226,767	373,065
		18	-23	3C	12,13	0,294	146,298	
5ф	Кабінет	18	-23	B	6,08	0,909	226,767	392,166
		18	-23	3C	13,72	0,294	165,399	
123	Сходи	16	-23	B	6,08	0,909	215,705	481,295
		16	-23	3C	23,15	0,294	265,590	
124	Коридор 3	16	-23	B	12,17	0,909	431,411	1090,534
		16	-23	3C	57,46	0,294	659,123	
127	WC(чол)	20	-23	B	3,37	0,909	131,580	623,222
		20	-23	3C	38,87	0,294	491,642	
128	WC(жін)	20	-23	B	3,37	0,909	131,580	239,257
		20	-23	3C	8,51	0,294	107,677	
107ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	B	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	3C	34,72	0,294	418,634	
105ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	B	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	3C	34,72	0,294	418,634	
104ф	АУдиторія(лекц)	18	-23	B	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	3C	34,72	0,294	418,634	
2ф	Кафедра	18	-23	B	6,73	0,909	250,920	400,546
		18	-23	3C	12,41	0,294	149,626	
Сумарні втрати теплоти поверху								13442,7

Таблиця 2.3. Теплові втрати приміщень на другому поверсі будівлі

№	Призначення	t _{вн} , °C	t _{зов} , °C	Вид огор. констр	F, м²	K, Вт/(м²·°C)	Q транс, Вт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
201ф	Кафедра	18	-23	B	13,32	0,909	496,473	944,699
		18	-23	3C	37,17	0,294	448,226	
21ф	Кабінет	18	-23	B	6,012	0,909	224,084	318,721
		18	-23	3C	7,848	0,294	94,638	
206(1)ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	199,477
		18	-23	3C	6,138	0,294	74,017	
206(2)ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	199,477
		18	-23	3C	6,138	0,294	74,017	
204(1)ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	222,956
		18	-23	3C	8,085	0,294	97,496	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
203(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	190,324
		18	-23	ЗС	5,379	0,294	64,864	
202(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	191,120
		18	-23	ЗС	5,445	0,294	65,660	
204ф	Аудиторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	713,328
		18	-23	ЗС	38,346	0,294	462,408	
208а	Комп. Клас	20	-23	В	6,732	0,909	263,160	435,109
		20	-23	ЗС	13,596	0,294	171,949	
211	Коридор	16	-23	В	26,928	0,909	954,720	1558,1
		16	-23	ЗС	52,602	0,294	603,376	
208ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	204,252
		18	-23	ЗС	6,534	0,294	78,792	
209ф	Деканат	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	599,227
		18	-23	ЗС	18,48	0,294	222,847	
210ф	Кабінет	18	-23	ЗС	6,534	0,294	78,792	119,382
		18	-23	В	3,366	0,294	40,590	
211ф	Деканат	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	400,148
		18	-23	ЗС	12,375	0,294	149,228	
212ф	Лабораторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	597,237
		18	-23	ЗС	18,315	0,294	220,857	
217	Танц. Зала	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	592,860
		18	-23	ЗС	17,952	0,294	216,480	
223ф	Кладова	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	335,573
		18	-23	ЗС	17,424	0,294	210,113	
220	Актовий зал	18	-23	В	40,392	0,909	1505,520	3207,12
		18	-23	ЗС	141,108	0,294	1701,596	
224ф	Кладова	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	637,212
		18	-23	ЗС	42,438	0,294	511,752	
221ф	Кладова	18	-23	В	3,042	0,909	113,384	200,062
		18	-23	ЗС	7,188	0,294	86,679	
220ф	Муз. Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	260,760
		18	-23	ЗС	11,22	0,294	135,300	
219ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	9,126	0,909	340,151	646,746
		18	-23	ЗС	25,425	0,294	306,596	
218ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	260,760
		18	-23	ЗС	11,22	0,294	135,300	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
217ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	9,126	0,909	340,151	646,746
		18	-23	ЗС	25,425	0,294	306,596	
216ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	260,760
		18	-23	ЗС	11,22	0,294	135,300	
215ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	9,126	0,909	340,151	646,746
		18	-23	ЗС	25,425	0,294	306,596	
214ф	Кафедра	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	400,546
		18	-23	ЗС	12,408	0,294	149,626	
Сумарні втрати теплоти поверху								14989,4

Таблиця 2.4. Теплові втрати приміщень на третьому поверсі будівлі

№	Призначення	t _{вн} , °C	t _{зов} , °C	Вид огор. констр	F, м²	k, Вт/(м²·°C)	Q транс, Вт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
301ф	Аудиторія	18	-23	В	13,32	0,909	496,473	1149,133
		18	-23	ЗС	40,47	0,294	488,021	
		18	3	ПГ	49	0,224	164,640	
319(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	256,261
		18	-23	ЗС	6,138	0,294	74,017	
		18	3	ПГ	16,9	0,224	56,784	
319(2)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	262,309
		18	-23	ЗС	6,138	0,294	74,017	
		18	3	ПГ	18,7	0,224	62,832	
324ф	Кафедра	18	-23	В	9,558	0,909	356,253	766,531
		18	-23	ЗС	20,175	0,294	243,287	
		18	3	ПГ	49,7	0,224	166,992	
324/1ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	230,504
		18	-23	ЗС	5,841	0,294	70,436	
		18	3	ПГ	10,3	0,224	34,608	
323ф	Кафедра	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	758,377
		18	-23	ЗС	18,777	0,294	226,429	
		18	3	ПГ	46,3	0,224	155,568	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
323(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	307,905
		18	-23	ЗС	10,56	0,294	127,341	
		18	3	ПГ	16,4	0,224	55,104	
322ф	Аудиторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	777,061
		18	-23	ЗС	19,602	0,294	236,377	
		18	3	ПГ	48,9	0,224	164,304	
321ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	264,875
		18	-23	ЗС	7,326	0,294	88,343	
		18	3	ПГ	15,2	0,224	51,072	
325ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	243,360
		18	-23	ЗС	5,709	0,294	68,844	
		18	3	ПГ	14,6	0,224	49,056	
320ф	Кабінет	18	-23	ЗС	12,078	0,294	145,646	330,314
		18	-23	В	6,732	0,294	81,180	
		18	3	ПГ	30,8	0,224	103,488	
317ф	Аудиторія	18	-23	В	13,464	0,909	501,840	1010,418
		18	-23	ЗС	23,562	0,294	284,130	
		18	3	ПГ	66,8	0,224	224,448	
316ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	275,353
		18	-23	ЗС	7,359	0,294	88,741	
		18	3	ПГ	18,2	0,224	61,152	
315ф	Лабораторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	509,312
		18	-23	ЗС	12,177	0,294	146,840	
		18	3	ПГ	33,2	0,224	111,552	
314ф	Кафедра	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	777,926
		18	-23	ЗС	18,81	0,294	226,826	
		18	3	ПГ	52	0,224	174,720	
313ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	259,719
		18	-23	ЗС	6,369	0,294	76,803	
		18	3	ПГ	17,1	0,224	57,456	
312ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	399,250
		18	-23	ЗС	14,652	0,294	176,686	
		18	3	ПГ	28,9	0,224	97,104	
326	Актова зала	18	-23	В	40,392	0,909	1505,520	4121,063
		18	-23	ЗС	121,97	0,294	1470,791	
		18	3	ПГ	340,7	0,224	1144,752	
327	WC(чол)	20	-23	В	3,366	0,909	131,580	667,504
		20	-23	ЗС	38,973	0,294	492,894	
		20	3	ПГ	11,3	0,224	43,030	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
328	WC(жін)	20	-23	В	6,732	0,909	263,160	339,387
		20	-23	ЗС	3,498	0,294	44,239	
		20	3	ПГ	8,4	0,224	31,987	
219ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,464	0,909	501,840	1341,324
		18	-23	ЗС	35,706	0,294	430,572	
		18	3	ПГ	121,7	0,224	408,912	
217ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,464	0,909	501,840	1338,300
		18	-23	ЗС	35,706	0,294	430,572	
		18	3	ПГ	120,8	0,224	405,888	
215ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,464	0,909	501,840	1341,660
		18	-23	ЗС	35,706	0,294	430,572	
		18	3	ПГ	121,8	0,224	409,248	
302ф	Кабінет	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	516,130
		18	-23	ЗС	12,408	0,294	149,626	
		18	3	ПГ	34,4	0,224	115,584	
	Коридор	18	-23	ЗС	23,18	0,294	279,524	1286,334
		18	-23	В	6,08	0,909	226,618	
		18	3	ПГ	232,2	0,224	780,192	
Сумарні втрати теплоти поверху								18243,98

У цьому розділі були проведені розрахунки теплових втрат будівлі. Отримані дані знадобляться у подальших розрахунках та розробки проекту реконструкції системи опалення та вентиляції, підбору опалювальних приладів та їх кількості секцій. Під час проведення розрахунків я вдосконалив навички проведення розрахунків за допомогою ЕОМ. Отримані результати зведені до зручних таблиць.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПОВІТРООБМІНІВ В ПРИМІЩЕННЯХ

Вибір системи вентиляції залежить від призначення приміщення, його об'єму, характеру шкідливостей, які виділяються і вимог, які висуваються до системи вентиляції. Вентиляція вищих навчальних закладів обладнується припливно-витяжними системами вентиляції. Самостійні системи приймаються в актових залах, столових, кухнях, хімічних та інших лабораторіях з препараторськими витяжними шафами, санвузлах. Повітря, яке видаляється з лабораторій забороняється транспортувати по кирпичним каналам. Кількість вентиляційного повітря визначається для кожного приміщення на основі шкідливостей, які виділяються. Якщо характер і кількість шкідливостей неможливо визначити, вентиляційний повітрообмін визначають по крайностям.

Розглянемо розрахунок повітрообміну у типових приміщеннях:

1. Кількість студентів в приміщенні визначається згідно з [2], і обчислюється за формулою: необхідна площа приміщення на одного студента становить 2,4 м².

$$n_{\text{студ}} = \frac{F}{f}; \quad (3.1)$$

де F – площа приміщення, м²;

f – нормована площа приміщення на одного студента, м².

Розглянемо навчальну аудиторію 118 Ф площею 50,5 м². Отже кількість студентів в аудиторії, чол.:

$$n_{\text{студ}} = \frac{50,5}{2,4} = 21$$

Згідно з ДБН В.2.2-3:2017 Навчальні заклади, мінімальний повітрообмін на одного студента становить 20 м³/год. Отже повітрообмін в аудиторії, м³/год:

$$L = n \cdot V_{\text{норм}} = 21 \cdot 20 = 420 \text{ м}^3/\text{год}$$

де n – кількість студентів у приміщенні;

$V_{\text{норм}}$ – необхідна кількість вентиляційного повітря на одного студента, м³/год.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						22
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Кабінет 124 Ф, площею 17,2 м². Відповідно до [2], в кабінеті потрібно організувати однократний повітрообмін. Отже, повітрообмін у приміщенні становитиме, м³/год:

$$L = n \cdot V = 1 \cdot 51,6 = 51,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

де n – кратність повітрообміну;

V – об'єм приміщення, м³.

3. Кафедра 102 Ф, площею 47,9 м². Відповідно до [2], в приміщенні потрібно організувати півтора кратний повітрообмін. Отже повітрообмін в приміщенні становитиме, м³/год:

$$L = n \cdot V = 1,5 \cdot 143,7 = 215,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

де n – кратність повітрообміну;

V – об'єм приміщення, м³.

В таблиці 3.1 наведені розрахункові повітрообміни для всіх приміщень на першому поверху.

Таблиця 3.1. Розрахункові повітрообміни для приміщень цокольного поверху

№	призначення	F, м ²	V, м ³	к-сть людей	норма на людину	кратність, n	L, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
001ф	Кладова	46,3	138,9			1	138,9
002ф	Лабораторія	44,6	133,8	19	20		380,0
003ф	Аудиторія(лекц)	121,3	363,9	51	20		1020,0
05ф	Аудиторія(лекц)	120,7	362,1	50	20		1000,0
007ф	Аудиторія(лекц)	121,5	364,5	51	20		1020,0
019ф	Кабінет	33,5	100,5			1	100,5
012ф	Майстереня	17,9	53,7				53,7
9ф	Кладова	6,2	18,6			1	18,6
015ф	Лабораторія	67,6	202,8	11	20		220,0
016ф	Лабораторія	51,9	155,7	9	20		180,0
017ф	Лабораторія	35,3	105,9	15	20		300,0
018ф	Майстереня	19,1	57,3				57,3

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
021ф	Аудиторія	31,4	94,2	13	20		260,0
020ф	Майстереня	67,9	203,7				203,7
030ф	Лабораторія	48,9	146,7	20	20		400,0
029ф	Кладова	35,7	107,1			1	107,1
027ф	Кладова	21,2	63,6			1	63,6
004ф	Майстереня	34,8	104,4				104,4
006ф	Лабораторія	35,4	106,2	6	20		120,0
030(1)ф	Лабораторія	49,3	147,9	8	20		160,0
030(5)ф	Лабораторія	11,7	35,1	2	20		40,0
030(2)ф	Лабораторія	12,9	38,7	5	20		100,0
030(4)ф	Лабораторія	13,6	40,8	2	20		40,0
7ф	Кладова	17,2	51,6			1	51,6
8ф	Кладова	22,3	66,9			1	66,9
10ф	Кабінет	11,8	35,4			1	35,4
11ф	Кабінет	12,9	38,7			1	38,7
12ф	Кабінет	4,7	14,1			1	14,1
13ф	Лабораторія	54,1	162,3	9	20		180,0
14ф	Лабораторія	140,9	422,7	23	20		460,0

Таблиця 3.2 Розрахункові повітрообміни для приміщень першого поверху

№	призначення	F, м ²	V, м ³	к-сть людей	норма на людину	кратність, n	L, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
126ф	Кафедра	16,1	48,3			1,5	72,5
104ф	Аудиторія(лекц)	121,3	363,9	51	20		1020,0
105ф	Аудиторія(лекц)	120,7	362,1	50	20		1000,0
107ф	Аудиторія(лекц)	121,5	364,5	51	20		1020,0
113ф	Аудиторія	67,9	203,7	28	20		560,0
114ф	Аудиторія	51,3	153,9	21	20		420,0
115ф	Аудиторія	34,6	103,8	14	20		280,0
116ф	Кабінет	19,1	57,3			1	57,3
118ф	Аудиторія	50,5	151,5	21	20		420,0

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						24
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
120ф	Кафедра	45,2	135,6			1,5	203,4
121ф	Деканат	31,1	93,3			1,5	140,0
122ф	Кабінет	16,5	49,5			1	49,5
123ф	Кабінет	18	54,0			1	54,0
124ф	Кабінет	17,2	51,6			1	51,6
125ф	Лабораторія	31,3	93,9	5	20		100,0
	WC(чол)	21,8	65,4				250,0
	WC(жін)	16,1	48,3				150,0
1ф	Комора	5,7	17,1			1	17,1
121(1)ф	Кабінет	14,1	42,3			1	42,3
2ф	Кафедра	47,9	143,7			1,5	215,6
3ф	Кладова	17,1	51,3			1	51,3
4ф	Кабінет	15,3	45,9			1	45,9
5ф	Кабінет	13,4	40,2			1	40,2
6ф	Кабінет	13	39,0			1	39,0
7ф	Кабінет	7,2	21,6			1	21,6
119ф	Кабінет	16,3	48,9			1	48,9

Таблиця 3.3. Розрахункові повітрообміни для приміщень другому поверху

№	призначення	F, м ²	V, м ³	к-сть людей	норма на людину	кратність, n	L, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
201ф	Кафедра	48,2	144,6			1,5	216,9
214ф	Кафедра	48,2	144,6			1,5	216,9
215ф	Аудиторія(лекц)	121,8	365,4	51	20		1020,0
216ф	Кабінет	35,9	107,7		20	1,5	107,7
217ф	Аудиторія(лекц)	120,8	362,4	50	20		1000,0
218ф	Кабінет	34,3	102,9			1,5	102,9
219ф	Аудиторія(лекц)	121,7	365,1	51	20		1020,0
223ф	Кладова	17,7	53,1			1	53,1

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
212ф	Лабораторія	51,6	154,8	9	20		180,0
211ф	Деканат	35,1	105,3			1,5	158,0
210ф	Кабінет	18,9	56,7			1	56,7
209ф	Деканат	48,1	144,3			1,5	216,5
208ф	Кабінет	16,4	49,2			1	49,2
206(1)ф	Кабінет	16,6	49,8			1	49,8
206(2)ф	Кабінет	16,1	48,3			1	48,3
205(1)ф	Кабінет	17,7	53,1			1	53,1
204(1)ф	Кабінет	15,8	47,4			1	47,4
203(1)ф	Кабінет	16,7	50,1			1	50,1
202(1)ф	Кабінет	14,8	44,4			1	44,4
204ф	Аудиторія	45,5	136,5	19	20		380,0
221ф	Кладова	17,8	53,4			1	53,4
208а	Комп.клас	55,6	166,8	9	16		144,0
220ф	Муз.кабінет	35,9	107,7	6	20		120,0
224ф	Кладова	22,3	66,9			1	66,9
	Танц. Зала	48,8	146,4	8	80		640,0
21ф	Кабінет	20	60,0			1	60,0
	Актовий зал	340,7	2044,2				2044,2
2ф	Комора	5,6	16,8			1	16,8

Таблиця 3.4. Розрахункові повітрообміни для приміщень третьому поверху

№	призначення	F, м ²	V, м ³	к-сть людей	норма на людину	кратність, n	L, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
301ф	Аудиторія	49	147,0	20	20		400,0
302ф	Кабінет	34,4	103,2			1	103,2
215ф	Аудиторія(лекц)	121,8	365,4	51	20		1020,0
217ф	Аудиторія(лекц)	120,8	362,4	50	20		1000,0
219ф	Аудиторія(лекц)	121,7	365,1	51	20		1020,0
309ф	Кладова	17,2	51,6			1	51,6

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8
310ф	Кладова	17,7	53,1			1	53,1
312ф	Кабінет	28,9	86,7			1	86,7
313ф	Кабінет	17,1	51,3			1	51,3
314ф	Кафедра	52	156,0			1,5	234,0
315ф	Лабораторія	33,2	99,6	6	20		120,0
316ф	Кабінет	18,2	54,6			1	54,6
317ф	Аудиторія	66,8	200,4	28	20		560,0
318ф	Кладова	15,4	46,2			1	46,2
319ф	Кафедра	9,4	28,2			1,5	42,3
320ф	Кабінет	30,8	92,4			1	92,4
321ф	Кабінет	15,2	45,6			1	45,6
322ф	Аудиторія	48,9	146,7	20	20		400,0
323ф	Кафедра	46,3	138,9			1,5	208,4
324ф	Кафедра	49,7	149,1			1,5	223,7
324(1)ф	Кабінет	10,3	30,9			1	30,9
325ф	Кабінет	14,6	43,8			1	43,8
319(1)ф	Кабінет	16,9	50,7			1	50,7
319(2)ф	Кабінет	18,7	56,1			1	56,1
300ф	Комора	5,4	16,2			1	16,2
323(1)ф	Кабінет	16,4	49,2			1	49,2
	WC(чол)	11,3	33,9				250,0
	WC(жін)	8,4	25,2				150,0
320(1)ф	Кабінет	14,6	43,8			1	43,8

У цьому розділі були проведені розрахунки необхідних повітрообмінів у всіх приміщеннях будівлі навчального закладу. Отримані дані знадобляться у подальших розрахунках та розробки проекту реконструкції системи опалення та вентиляції, підбору опалювальних приладів та їх кількості секцій, а також підборі вентиляційного обладнання. Розрахунки були проведені за допомогою ЕОМ, та зведені до таблиць.

4 ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Згідно з [3], теплова потужність системи опалення, кВт, визначається з урахуванням теплового балансу між тепловими втратами приміщень та надходженнями теплоти до них, тобто

$$Q_o = Q_{\text{втр}} + Q_m - (Q_{\text{вн.п}} + Q_{\text{с.р}}); \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – теплові втрати приміщеннями, кВт;

Q_m – витрати теплоти на нагрів

холодних транспортних засобів, сировини та матеріалів, кВт; $Q_{\text{вн.п}}$ – внутрішні (побутові) надходження теплоти від електричних приладів, комп'ютерної та офісної техніки, приладів освітлення, технологічного обладнання, людей і т.ін., кВт; $Q_{\text{с.р}}$ – надходження теплоти від сонячної радіації, кВт.

Теплові втрати приміщеннями $Q_{\text{втр}}$, що враховують сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції та витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, яке надходить до приміщень, а також витрати теплоти на нагрівання холодних транспортних засобів, сировини та матеріалів Q_m (у разі наявності для виробничих приміщень) розраховуються за методикою розділу 2 (див. п. 2.3).

Внутрішні (побутові) надходження теплоти, кВт, визначаються за формулою

$$Q_{\text{вн.п}} = q_{\text{вн.п}} F_f \cdot 10^{-3}; \quad (4.2)$$

де $q_{\text{вн.п}}$ – питомі внутрішні (побутові) теплонадходження на 1 м² житлової площі будівлі або розрахункової площі громадських будівель, Вт/м²;

F_f – площа, м² (для житлових будинків - площа квартир, для громадських будинків – розрахункова площа).

Для громадських та адміністративних будинків величина внутрішніх (побутових) надходжень теплоти враховується за розрахунковою кількістю людей (90 Вт/людину), що знаходяться в будинку; освітленням (за встановленою потужністю) та офісної техніки.

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря розраховують за формулою

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						28
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_o = 0,28 L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}); \quad (4.3)$$

де L- витрати повітря, м3/год;

ρ - густина зовнішнього повітря, кг/м³;

c – теплоємність повітря, кДж/кг °С

Густина зовнішнього повітря обчислюється за формулою:

$$\rho = \frac{353}{273+t_{\text{зов}}} ; \quad (4.4)$$

Обчислюємо густину зовнішнього повітря при температурі $t_{\text{зов}} = -23$ °С, кг/м³:

$$\rho = \frac{353}{273+(-23)} = 1,412 \text{ кг/м}^3$$

Обчислимо витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря у типовому приміщенні 021 Ф.

Вихідні дані до розрахунку:

Розрахунковий повітрообмін у приміщенні: $L=260$ м³/год;

Температури зовнішнього та внутрішнього повітря: $t_{\text{зов}} = -23$ °С, $t_{\text{вн}} = 18$ °С

Густина зовнішнього повітря: $\rho=1,412$ кг/м³

Тоді кількість теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, кВт:

$$Q_o = 0,28 \cdot \frac{260}{3600} \cdot 1,412 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-23)) = 1,176 \text{ кВт}$$

Розрахуємо додаткові теплонаходження в приміщення. Основним додатковим джерелом теплоти в приміщеннях будівлі являються люди. Тому для розрахунку користуємося формулою:

$$Q_{\text{вн п}} = q_{\text{вн п}} N_{\text{л}} ; \quad (4.5)$$

де $q_{\text{вн п}}$ – питомі внутрішні (побутові) теплонаходження на 1 м² розрахункової площі громадської будівлі, Вт/м²;

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						29
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$N_{\text{л}}$ – кількість людей у відповідному приміщенні.

За [4], кількість теплоти, яку виділяє одна людина дорівнює 90 Вт. Тобто $q_{\text{вн п}}=90 \text{ Вт}$.

У типовій аудиторії 021 Ф за розрахунками може знаходитись 13 чоловік. Тоді побутові теплонадходження будуть дорівнювати, кВт:

$$Q_{\text{поб}} = 0,09 \cdot 13 = 1,17 \text{ кВт}$$

Витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, кВт, що надходить у вхідні вестибюлі (холи) і сходи клітки через зовнішні двері, які відкриваються в холодний період року не розраховую, так як на вході в будівлю встановлені теплові завіси.

Загальне теплове навантаження в приміщенні можна знайти за формулою:

$$Q_o = Q_{\text{транс}} + Q_v - Q_{\text{поб}} \quad (4.6)$$

Для типової аудиторії 021 Ф:

$$Q_{\text{транс}}=0,398 \text{ кВт};$$

$$Q_v=1,176 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{поб}}=1,17 \text{ кВт}.$$

Тоді загальне теплове навантаження в типовій аудиторії 021 Ф буде дорівнювати, кВт:

$$Q_o = 0,398 + 1,176 - 1,17 = 0,404 \text{ кВт}$$

Далі розрахую витрати теплоти на нагрів вентиляційного повітря та побутові теплонадходження для кожного приміщення, та отримаю сумарну теплову потужність системи опалення. Результати розрахунків занесу до таблиці.

Таблиця 4.1 Сумарне теплове навантаження на приміщення цокольного поверху

№	призначення	Qвент, кВт	Qпоб, кВт	Qтрнас, кВт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6
001ф	Кладова	0,909	0,000	0,883	1792,158
002ф	Лабораторія	2,487	1,673	0,517	1331,757

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
003ф	Аудиторія(лекц)	6,676	4,549	1,615	3742,573
05ф	Аудиторія(лекц)	6,545	4,526	1,615	3634,164
007ф	Аудиторія(лекц)	6,676	4,556	1,615	3735,073
019ф	Кабінет	0,658	0,000	0,360	1017,814
012ф	Майстереня	0,351	0,000	0,376	727,489
9ф	Кладова	0,122	0,000	0,236	357,745
015ф	Лабораторія	1,440	1,014	0,370	795,991
016ф	Лабораторія	1,178	0,779	0,598	997,705
017ф	Лабораторія	1,964	1,324	0,480	1119,874
018ф	Майстереня	0,375	0,000	0,292	667,052
021ф	Аудиторія	4,202	1,178	0,469	3493,494
020ф	Майстереня	1,333	0,000	0,638	1971,301
030ф	Лабораторія	2,618	1,834	0,529	1313,416
029ф	Кладова	0,701	0,000	0,331	1032,014
027ф	Кладова	0,416	0,000	0,215	631,288
004ф	Майстереня	0,683	0,000	0,363	1046,341
006ф	Лабораторія	0,785	0,531	0,285	539,080
030(1)ф	Лабораторія	1,047	0,740	0,821	1128,766
030(5)ф	Лабораторія	0,262	0,176	0,458	544,317
030(2)ф	Лабораторія	0,655	0,484	0,490	660,791
030(4)ф	Лабораторія	0,262	0,204	0,265	322,817
7ф	Кладова	0,338	0,000	0,236	573,743
8ф	Кладова	0,438	0,000	0,626	1063,888
10ф	Кабінет	0,232	0,000	0,418	649,708
11ф	Кабінет	0,253	0,000	0,395	648,308
12ф	Кабінет	0,092	0,000	0,153	245,290
13ф	Лабораторія	1,178	0,812	0,514	880,675
14ф	Лабораторія	3,011	2,114	1,033	1930,351
Сумарне теплове навантаження поверху					38594,982

Таблиця 4.2 Сумарне теплове навантаження на приміщення першого поверху

№	призначення	Qвент, кВт	Qпоб, кВт	Qтрнас, кВт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6
126ф	Кафедра	0,474	0,000	0,748	1222,265
113ф	Аудиторія	3,665	2,546	0,587	1706,382

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
114ф	Аудиторія	2,749	1,924	0,597	1422,554
115ф	Аудиторія	1,833	1,298	0,400	935,356
116ф	Кабінет	0,375	0,000	0,209	583,672
118ф	Аудиторія	2,749	1,894	0,750	1605,764
120ф	Кафедра	1,331	0,000	0,823	2154,207
121ф	Деканат	0,916	0,000	0,645	1561,301
122ф	Кабінет	0,324	0,000	0,223	546,948
123ф	Кабінет	0,353	0,000	0,212	565,662
124ф	Кабінет	0,338	0,000	0,224	562,083
125ф	Лабораторія	0,655	0,470	0,000	185,041
	WC(чол)	1,716	0,000	0,623	2339,176
	WC(жін)	1,030	0,000	0,239	1268,705
1ф	Комора	0,112	0,000	0,000	111,927
121(1)ф	Кабінет	0,277	0,000	0,204	481,121
2ф	Кафедра	1,411	0,000	0,401	1811,404
3ф	Кладова	0,336	0,000	0,336	671,350
4ф	Кабінет	0,300	0,000	0,117	417,825
5ф	Кабінет	0,263	0,000	0,392	655,286
6ф	Кабінет	0,255	0,000	0,373	628,331
7ф	Кабінет	0,141	0,000	0,143	284,631
119ф	Кабінет	0,320	0,000	0,224	544,071
					22265,062

Таблиця 4.3 Сумарне теплове навантаження на приміщення другого поверху

№	призначення	Qвент, кВт	Qпоб, кВт	Qтрнас, Вт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6
201ф	Кафедра	1,420	0,000	0,945	2364,390
214ф	Кафедра	1,420	0,000	0,401	1820,240
215ф	Аудиторія(лекц)	6,676	4,568	1,578	3686,823
216ф	Кабінет	0,705	0,000	0,261	965,701
217ф	Аудиторія(лекц)	6,545	4,530	1,579	3594,414
218ф	Кабінет	0,674	0,000	0,261	934,283

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
219ф	Аудиторія(лекц)	6,676	4,564	1,579	3691,573
223ф	Кладова	0,348	0,000	0,335	682,561
212ф	Лабораторія	1,178	0,774	0,597	1001,405
211ф	Деканат	1,034	0,000	0,400	1433,988
210ф	Кабінет	0,371	0,000	0,119	490,505
209ф	Деканат	1,417	0,000	0,599	2015,975
208ф	Кабінет	0,322	0,000	0,204	526,284
206(1)ф	Кабінет	0,326	0,000	0,199	525,432
206(2)ф	Кабінет	0,316	0,000	0,199	515,614
205(1)ф	Кабінет	0,348	0,000	0,199	547,031
204(1)ф	Кабінет	0,310	0,000	0,223	533,203
203(1)ф	Кабінет	0,328	0,000	0,190	518,245
202(1)ф	Кабінет	0,291	0,000	0,191	481,736
204ф	Аудиторія	2,487	1,706	0,713	1494,327
221ф	Кладова	0,350	0,000	0,200	549,585
208а	Комп.клас	0,989	0,834	0,435	589,517
220ф	Муз.кабінет	0,785	0,539	0,261	507,710
224ф	Кладова	0,438	0,000	0,637	1075,098
	Танц. Зала	4,189	0,732	0,593	4049,925
21ф	Кабінет	0,393	0,000	0,319	711,445
	Актовий зал	13,380	0,000	6,183	19563,246
2ф	Комора	0,110	0,000	0,000	109,963
					54980,220

Таблиця 4.4 Сумарне теплове навантаження на приміщення третього поверху

№	призначення	Qвент, кВт	Qпоб, кВт	Qтрнас, Вт	Qсум, Вт
1	2	3	4	5	6
301ф	Аудиторія	2,618	1,838	1,149	1929,666
302ф	Кабінет	0,675	0,000	0,516	1191,487
309ф	Кладова	0,338	0,000	0,200	537,743
310ф	Кладова	0,348	0,000	0,200	547,561
312ф	Кабінет	0,567	0,000	0,399	966,487

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5	6
313ф	Кабінет	0,336	0,000	0,259	594,780
314ф	Кафедра	1,532	0,000	0,777	2308,627
315ф	Лабораторія	0,785	0,498	0,509	796,450
316ф	Кабінет	0,357	0,000	0,275	632,380
317ф	Аудиторія	3,665	2,505	1,010	2170,432
318ф	Кладова	0,302	0,000	0,200	502,398
319ф	Кафедра	0,277	0,000	0,319	595,591
320ф	Кабінет	0,605	0,000	0,256	860,796
321ф	Кабінет	0,298	0,000	0,264	562,471
322ф	Аудиторія	2,618	1,834	0,777	1561,416
323ф	Кафедра	1,364	0,000	0,758	2121,737
324ф	Кафедра	1,464	0,000	0,230	1693,882
324(1)ф	Кабінет	0,202	0,000	0,230	432,253
325ф	Кабінет	0,287	0,000	0,243	529,689
319(1)ф	Кабінет	0,332	0,000	0,256	587,853
319(2)ф	Кабінет	0,367	0,000	0,262	629,198
300ф	Комора	0,106	0,000	0,200	306,036
323(1)ф	Кабінет	0,322	0,000	0,307	629,034
	WC(чол)	1,716	0,000	0,667	2383,176
	WC(жін)	1,030	0,000	0,339	1368,705
320(1)ф	Кабінет	0,287	0,000	0,233	519,689
Сумарне теплове навантаження поверху					26959,537

Загальна потужність системи опалення, кВт:

$$\Sigma Q = 38594,9 + 22265,06 + 54980,22 + 26959,53 = 81939,75 \text{ кВт}$$

У даному розділі був проведений розрахунок сумарної потужності системи опалення. Результати цього розрахунку знадобляться у наступному розділі для підбору опалювальних приладів та кількості секцій радіаторів.

5 ПІДБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

У зв'язку з великою кількістю типів нагрівальних приладів та складністю розрахунку коефіцієнтів теплопередачі для них на практиці використовується методика, в якій коефіцієнти теплопередачі не обчислюються.

Необхідний тепловий потік опалювального приладу, Вт, приведеного до так званих нормованих умов, визначається за формулою

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q_p b_1 b_2}{\left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{н}}} \right)^{1+n} \bar{G}^p b_3 c}; \quad (5.1)$$

де Q_p – розрахункова теплова потужність нагрівального приладу, Вт;

b_1 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати теплоти у залежності від місця встановлення нагрівального приладу (біля зовнішньої стіни: для житлових і громадських будівель 1,01 – 1,015, для виробничих будівель 1,02 – 1,03; біля застосування світлового отвору 1,05 – 1,07; біля внутрішньої стіни - 1);

b_2 – коефіцієнт, що враховує спосіб установки нагрівальних приладів (відкрито у стіни – 1; біля стіни без ніші, яка перекрита дошкою у вигляді полиці 1,02 – 1,05; у ніші з заглибленням більше як 130 мм 1,06 – 1,11);

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середній температурний напір в нагрівальному приладі, °С;

$\Delta t_{\text{н}}$ – нормований температурний напір в нагрівальному приладі, що дорівнює 70 °С;

\bar{G} – відносна витрата води в нагрівальному приладі, що являє собою відношення дійсної витрати води в конкретному нагрівальному приладі, $m_{\text{пр}}$, кг/год, до номінальної витрати $G_{\text{н}}$, яка береться при теплових випробуваннях зразків приладів, що дорівнює 360 кг/год, тобто $\bar{G} = m_{\text{пр}} / 360$;

b_3 – коефіцієнт, яким враховують кількість секцій в радіаторах (наприклад, для чавунних секційних радіаторів при кількості секцій від 3 до 15 $b_3 = 1$; від 16 до 20 $b_3 = 0,98$; від 21 до 25 $b_3 = 0,96$);

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						35
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

p, n – емпіричні показники (див. табл. 5.1);

c – поправковий коефіцієнт, що враховує схему руху води в нагрівальному приладі і зміни показника степеня p при різних діапазонах витрати теплоносія (табл. 5.1).

В формулі (5.1) не враховуються поправки на розрахунковий барометричний тиск; на зменшення теплового потоку нагрівального приладу при русі води в ньому за схемою «знизу – вгору»; на кількість рядів нагрівальних приладів по вертикалі, що враховує зменшення теплового потоку верхніх приладів, які обминаються нагрітим потоком повітря від розташованих нижче приладів; на зменшення теплового потоку опалювальних приладів при їх встановленні у два ряди по глибині.

Таблиця 5.1. Значення показників p, n і c

Тип опалювального приладу	Схема приєднання приладу	Витрата води $m_{\text{пр}}$, кг/год	Показники		
			n	p	c
Радіатор чавунний секційний.	Зверху-вниз	18-54	0,3	0,02	1,039
		54-536	0,3	0	1
		536-900	0,3	0,01	0,996
Сталевий панельний радіатор	Знизу-вниз	18-115	0,15	0,08	1,092
		119-900	0,15	0	1
	Знизу-вгору	18-61	0,25	0,12	1,113
		65-900	0,25	0,04	0,97
Конвектор настінний з кожухом	Будь-яка	36-86	0,35	0,18	1
		90-900	0,35	0,07	1
Конвектор настінний без кожуха	Будь-яка	36-900	0,2	0,03	1
Радіатор алюмінієвий секційний	Знизу-вниз	20-102	0,32-0,37	0	1
Труба опалювальна чавунна $d_y = 40 - 100$ мм	-	-	0,25	0,07	1

Розрахункова теплова потужність нагрівального приладу, Вт

$$Q_p = Q_{\text{втр}} - 0,9Q_{\text{тр}}; \quad (5.2)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – втрати теплоти зовнішніми огороженнями приміщення, Вт;

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						36
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$Q_{\text{тр}}$ – тепловий потік від неізолюваних трубопроводів системи опалення, відкрито прокладених у приміщенні, що враховується коефіцієнтом 0,9, Вт.

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{тр}} (l_{\text{в}} + 1,28 l_{\text{г}}); \quad (5.3)$$

де $q_{\text{тр}}$ – лінійна густина теплового потоку відкрито прокладених у приміщенні сталевих труб, Вт/м, залежить від їх зовнішнього діаметра та температурного перепаду в трубопроводі $\Delta t_{\text{тр}}$;

$l_{\text{в}}$ – довжина (висота) вертикальних труб, м;

$l_{\text{г}}$ – довжина горизонтальних труб, м.

Для визначення $q_{\text{тр}}$, Вт/м, користуємося наступним рівнянням:

$$q_{\text{тр}} = A + B (\Delta t_{\text{тр}} - 30); \quad (5.4)$$

де А і В – постійні коефіцієнти (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Значення коефіцієнтів А і В

d_y , мм	А	В
10	13	0,98
15	20	1,15
20	23	1,50
25	33	1,79
32	38	2,11

Температурний перепад в трубопроводі $\Delta t_{\text{тр}}$, °С, необхідний для визначення питомих втрат теплоти неізолюваними трубопроводами $q_{\text{тр}}$, визначається за наступною методикою.

У двотрубних системах водяного опалення температура води, що надходить до кожного нагрівального приладу $t_{\text{вх}}$, дорівнює розрахунковій температурі гарячої води $t_{\text{г}}^{\text{р}}$, а на виході з нагрівального приладу – розрахунковій температурі поворотної охолодженої води $t_{\text{о}}^{\text{р}}$, тобто $t_{\text{вх}} = t_{\text{г}}^{\text{р}}$, а $t_{\text{вих}} = t_{\text{о}}^{\text{р}}$.

Тоді для двотрубних систем температурний перепад в подавальних трубопроводах гарячої води - $\Delta t_{\text{тр.г}} = t_{\text{г}}^{\text{р}} - t_{\text{вн}}$, а в поворотних трубопроводах охолодженої води $\Delta t_{\text{тр.о}} = t_{\text{о}}^{\text{р}} - t_{\text{вн}}$.

Для двотрубних вертикальних систем середній температурний напір в кожному нагрівальному приладі на вході $t_{вх} = t_{г}^p$, а перепаду температур води в ньому $\Delta t_{o.п} = t_{г}^p - t_{o}^p$, визначиться за формулою, °C:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{г}^p + t_{o}^p}{2} - t_{вн}; \quad (5.5)$$

де $Q_{п.г}$ – сума теплових втрат приміщень $\Sigma Q_{втр.i}$, які обслуговуються приладовою гілкою, Вт.

5.1 Розрахунок кількості секцій опалювального приладу

Кількість нагрівальних приладів або кількість секцій нагрівального приладу

$$N = Q_{пр} / Q_{н}; \quad (5.6)$$

де $Q_{н}$ - стандартне теплове навантаження нагрівального приладу або однієї секції нагрівального приладу, Вт.

Отримане значення величини N заокруглюється до найближчого більшого цілого значення.

В каталогах ряду фірм, зокрема, іноземних, наводяться стандартні теплові навантаження однієї секції (секційні радіатори) або панелі (панельні радіатори) при нормованих значеннях середнього температурного напору, який дорівнює 50 К, або 60 К.

При виборі секційних радіаторів необхідна кількість секцій визначається за співвідношенням

$$N = Q_{пр} / q_{\Delta t}; \quad (5.7)$$

де $q_{\Delta t}$ – тепловий потік, який передається однією секцією при дійсному температурному напорі Δt_{cp} , який визначається за формулою (5.5), Вт.

$$q_{\Delta t} = q_{ст} (\Delta t_{cp} / \Delta t_{ст})^{1+n}; \quad (5.8)$$

де $\Delta t_{ст}$ – стандартне значення температурного напору, К (50 або 60 К);

$q_{ст}$ – стандартне теплове навантаження однієї секції при стандартному значенні температурного напору, Вт.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						38
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Показник степеня в формулі (5.8) складає 0,3 – 0,35.

Розрахуємо необхідну кількість секцій біметалевого радіатора для типового приміщення 124 Ф (Кабінет).

Визначимо середній температурний напір в нагрівальному приладі. Так як система опалення двотрубна вертикальна, то температура на вході $t_{вх} = t_r^p$, а перепад температур води в приладі, °C:

$$\Delta t_{o.п} = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді для двотрубних систем температурний перепад в подавальних трубопроводах гарячої води - $\Delta t_{тр.г} = t_r^p - t_{вн}$, °C:

$$\Delta t_{тр.г} = 95 - 18 = 77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В поворотних трубопроводах охолодженої води $\Delta t_{тр.о} = t_o^p - t_{вн}$.

$$\Delta t_{тр.о} = 70 - 18 = 52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середній температурний напір в нагрівальному приладі, °C:

$$\Delta t_{ср} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Лінійна густина теплового потоку відкрито прокладених у приміщенні подавальних трубопроводів:

$$q_{тр} = 23 + 1,5(77 - 30) = 93,5 \text{ Вт/м}$$

Лінійна густина теплового потоку відкрито прокладених у приміщенні зворотних трубопроводів:

$$q_{тр} = 23 + 1,5(52 - 30) = 56 \text{ Вт/м}$$

Тепловий потік від неізолюваних трубопроводів системи опалення, відкрито прокладених у приміщенні при вертикальному розмірі подавального трубопроводу 2,75 м і горизонтальному розмірі 0,25 м та вертикальному розмірі зворотного трубопроводу 0,25 м і горизонтальному розмірі 0,25 м буде дорівнювати, Вт:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						39
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{тр}} = 93,5 \cdot (2,75 + 1,28 \cdot 0,25) + 56 \cdot (0,25 + 1,28 \cdot 0,25) = 318,9 \text{ Вт}$$

Розрахункова теплова потужність нагрівального приладу, Вт

$$Q_p = 562 - 0,9 \cdot 318,9 = 275 \text{ Вт}$$

Розрахуємо величину теплового потоку від однієї секції опалювального приладу при перепаді температур 95/70°C Радіатор біметалевий Euro-Termo 500/96 558x82x96 мм, Вт:

$$q_{\Delta t} = 180 \cdot \left(\frac{64,5}{60}\right)^{1+0,3} = 197 \text{ Вт}$$

Необхідна кількість секцій радіатора:

$$N = \frac{275}{197} = 1,4$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого значення, але кількість секцій опалювального приладу повинна бути не менше трьох. Отже у приміщенні 124 Ф (Кабінет) буде три секції в опалювальному приладі.

Розрахунок для наступних приміщень проводжу аналогічно, та заношу результати розрахунку до таблиці.

Таблиця 5.3. Розрахунок кількості секцій опалювальних приладів на дальньому стояку

№	№	тв,	Qп,	тп,	тк,	лв,	лг,	п,	Тип
ст.	прим.	оС	Вт	оС	оС	м	м	секцій	приладу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
44	319(1)ф	18	481	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
44	206(1)ф	18	476	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
44	124ф	18	562	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
45	319(2)ф	18	512	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
45	206(2)ф	18	468	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
45	123ф	18	513	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
2	317ф	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
2	208ф	18	833	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
2	118ф	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм

					ТП-81мп 46 01 ПЗ				Дпк
									40
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	020ф	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
3	317ф	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
3	209ф	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
3	118ф	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
3	020ф	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
4	317ф	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
4	209ф	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
4	118ф	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
4	021ф	18	404	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
5	317ф	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
5	209ф	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
5	4ф	18	373	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
5	021ф	18	404	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
6	316ф	18	518	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
6	210ф	18	435	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
6	116ф	18	527	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
6	018ф	18	568	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
7	315ф	18	286	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
7	211ф	18	437	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
7	115ф	18	426	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
7	017ф	18	431	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
8	315ф	18	286	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
8	211ф	18	437	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
8	115ф	18	426	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
8	017ф	18	431	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
9	314ф	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
9	212ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
9	114ф	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
9	016ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
10	314ф	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
10	212ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
10	114ф	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
10	016ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
11	314ф	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
11	212ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	114ф	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
11	016ф	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
13	313ф	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
13	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
13	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
13	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
14	312ф	18	392	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
14	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
14	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
14	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
15	312ф	18	392	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
15	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
15	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
15	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
16	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
16	015ф	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
17	309ф	18	287	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
17	223ф	18	631	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
17	3ф	18	621	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
17	012ф	18	633	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм

Таблиця 5.4. Розрахунок кількості секцій опалювальних приладів на іншій гілці стояка

№ ст.	№ прим.	тв, оС	Qп, Вт	тп, оС	тк, оС	лв, м	лг, м	п, секцій	Тип приладу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
18`	WC(чол)	16	993	95	70	3	0,6	12	500/96 558x82x96 мм
18`	224ф	16	505	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
18`	WC(чол)	16	993	95	70	3	0,6	12	500/96 558x82x96 мм
18`	8ф	16	474	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	WC(чол)	18	993	95	70	3	0,6	13	500/96 558x82x96 мм
19	224ф	18	505	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
19	WC(чол)	18	993	95	70	3	0,6	13	500/96 558x82x96 мм
19	8ф	18	474	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
20	WC(ж)	18	1128	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
20	221ф	18	497	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
20	WC(ж)	18	1063	95	70	3	0,6	14	500/96 558x82x96 мм
20	7ф	18	263	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
21	219ф	18	503	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
21	220ф	18	448	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
21	107ф	18	501	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
21	019ф	18	844	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
23	219ф	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
23	07ф	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
24	219ф	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
24	07ф	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
25	219ф	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
25	07ф	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
26	217ф	18	501	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
26	218ф	18	833	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
26	105ф	18	498	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
26	006ф	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
28	217ф	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
28	05ф	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
29	217ф	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
29	05ф	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
30	217ф	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
30	05ф	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
31	215ф	18	504	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
31	216ф	18	860	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
31	104ф	18	500	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
31	004ф	18	865	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
33	215ф	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
33	003ф	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
34	215ф	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
34	003ф	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
35	215ф	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
35	003ф	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
36	302ф	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
36	214ф	18	804	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
36	2ф	18	800	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
36	002Ф	18	499	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
37	302ф	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм

					ТП-81мп 46 01 ПЗ				Дпк
									43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
37	214ф	18	804	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
37	2ф	18	800	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
37	002Ф	18	499	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
39	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
39	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
39	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
39	001ф	18	776	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
40	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
40	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
40	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
40	001ф	18	776	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
41	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
41	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
41	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
42	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
42	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
42	Вахт	18	568	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
43	Корид.	16	1415	95	70	3	0,6	17	500/96 558x82x96 мм
43	319ф	18	554	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
43	21ф	18	652	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм

Таблиця 5.5 Розрахунок кількості секцій на ближньому стояку

№ ст.	№ прим.	тв, оС	Qп, Вт	тп, оС	тк, оС	лв, м	лг, м	п, секцій	Тип приладу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
47	121(1)ф	18	440	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
47	204(1)ф	18	487	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
47	324ф	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
46	324ф	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
46	205(1)ф	18	495	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
46	122ф	18	498	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
46	030(1)ф	18	322	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
49	030(2)ф	18	629	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	121ф	18	712	95	70	3	0,6	9	500/96 558x82x96 мм
49	202(1)ф	18	438	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
49	324(1)ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
48	324ф	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
48	203(1)ф	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
48	121ф	18	712	95	70	3	0,6	9	500/96 558x82x96 мм
48	030(1)ф	18	322	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
50	323ф	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
50	323ф	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
50	323ф	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
50	323(1)ф	18	526	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
51	204ф	18	653	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
51	204ф	18	653	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
51	208a	18	249	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
51	208a	18	249	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
58	030ф	18	528	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
58	119ф	18	496	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
58	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
58	320ф	18	371	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	320ф	18	371	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
57	030ф	18	528	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
56	030(4)ф	18	306	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
56	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
56	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56	325ф	18	438	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56`	Корид.	16	196	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
56`	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56`	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
56`	030(5)ф	18	493	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	321ф	18	467	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
	Акт. Зал	18	17554	95	70	3	0,6		500/96 558x82x96 мм
	Акт. Зал	18	17554	95	70	3	0,6		500/96 558x82x96 мм

					ТП-81мп 46 01 ПЗ				Дпк
									45
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4a	13ф	18	337	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
4a	13ф	18	337	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
4a	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	442	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
3a	11ф	18	581	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
3a	6ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
3a	6ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
2a	10ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
2a	5ф	18	308	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	10ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	5ф	18	308	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	Корид.	18	253	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	Корид.	18	253	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм

У даному розділі був визначений тип опалювальних приладів – біметалеві радіатори, а саме Euro-Termo 500/96 558x82x96 мм, а також необхідна кількість секцій кожного опалювального приладу. Отримані дані знадобляться для гідравлічного розрахунку системи опалення.

6 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Головним завданням гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів при заданому тепловому навантаженні, а також втрат тиску в різних ділянках системи.

Швидкість руху води в системах опалення допускається не більше ніж 1,5 м/с для житлових і громадських будівель та приміщень, не більше ніж 2 м/с для адміністративно-побутових будівель та приміщень і не більше 3 м/с для виробничих будівель та приміщень.

Прокладка горизонтальних трубопроводів системи опалення здійснюється з уклоном не менше ніж 0,002 (при швидкості руху води 0,25 м/с та більше, а також у горизонтальних приладових вітках уклони можна не передбачати).

Втрати тиску в трубопроводі на тертя та місцеві опори, Па, розраховуються за формулою

$$\Delta P = R \ell + Z; \quad (6.1)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

ℓ – довжина трубопроводу, м;

Z – втрати тиску на місцеві опори, Па.

Питомі втрати тиску на тертя обчислюють за формулою

$$R = n \lambda \frac{\rho}{2} \frac{\omega^2}{d_{\text{вн}}}; \quad (6.2)$$

де n – коефіцієнт шорсткості трубопроводу;

λ – коефіцієнт опору тертя;

ω – швидкість руху води, м/с;

$d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Коефіцієнт опору тертя при числі Рейнольдса $Re > 2300$ визначають за формулою Альтшуля:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						47
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\lambda = 0,11 \left[\left(K_{\text{екв}} / d_{\text{вн}} \right) + (68/\text{Re}) \right]^{0,25}; \quad (6.3)$$

де $K_{\text{екв}}$ – абсолютна еквівалентна шорсткість стінок трубопроводів, м;

Re – число Рейнольдса.

$$\text{Re} = \frac{\omega d_{\text{вн}}}{\nu}; \quad (6.4)$$

де ν – кінематична в'язкість води, $\text{м}^2/\text{с}$, визначається за довідковими таблицями в залежності від температури.

Втрати тиску на місцеві опори визначають за формулою:

$$Z = \sum \xi \frac{\rho \omega^2}{2}; \quad (6.5)$$

де $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів.

В практичних розрахунках для сталевих трубопроводів беруть величину $n = 1$, а $K_{\text{екв}} = 0,1$ мм

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						48
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		



ТП-81МП 46 01 ПЗ

Задаємося діаметром трубопроводу на ділянці *-7 40мм. Витрата теплоносія на ділянці *-7 G=1299 кг/год. Тоді швидкість руху води буде дорівнювати, м/с:

$$\omega = \frac{\frac{1299}{3600 \cdot 980}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 0,89 \text{ м/с}$$

Швидкість руху теплоносія задовольняє нормативні вимоги, тому продовжуємо розрахунок.

Кінематична в'язкість води при температурі 95°C: $\nu=0,3095 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Тоді число Рейнольдса буде дорівнювати:

$$Re = \frac{0,89 \cdot 0,04}{0,3095 \cdot 10^{-6}} = 103393$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя за формулою Альштуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left[\frac{0,1}{40} + \frac{68}{103393} \right]^{0,25} = 0,026$$

Питомі втрати тиску на тертя, Па/м:

$$R = 1 \cdot 0,026 \cdot \frac{980 \cdot 0,89^2}{2} \cdot \frac{1}{0,04} = 100 \text{ Па/м}$$

За [4] визначимо коефіцієнти місцевих опорів на ділянці. На ділянці *-7 знаходиться трійник а також опалювальні прилади, на кожному із яких встановлено регулюючий клапан та шаровий кран. Тоді коефіцієнти місцевих опорів будуть мати значення:

$\zeta_{тр}=1$; $\zeta_{оп}=1,2$; $\zeta_{р.к.}=3,5$; $\zeta_{к.к.}=1,2$.

Тоді сума коефіцієнтів місцевих опорів:

$$\Sigma \zeta = 1 \cdot 4 + 1,2 \cdot 4 + 3,5 \cdot 4 + 1,2 \cdot 4 = 27,6$$

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Втрати тиску на місцеві опори, Па:

$$Z = 27,6 \cdot \frac{980 \cdot 0,8^2}{2} = 8655 \text{ Па}$$

Тоді загальні втрати тиску на ділянці будуть дорівнювати, Па:

$$\Delta P = 20,38 \cdot 0,5 + 8655 = 8665,1 \text{ Па}$$

Розрахунки для наступних ділянок проводжу аналогічно і результати заносу до таблиці.

Таблиця 6.1. Гідравлічний розрахунок лівої гілки дальнього стояка

№	G,	l,	dтр, вн	V,	R,	Σζ	Z,	ΔPi,	ΣΔPi,
діл.	кг/год	м	мм	м/с	Па/м		Па	Па	Па
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
*-7	1299	0,5	40	0,89	100	27,6	10712	10762	10762
7-6	1147	0,7	40	0,59	83	27,6	4708	4766	15528
6-5	958	5,3	40	0,49	65	27,6	3247	3592	19120
5-4	843	0,7	32	0,68	146	27,6	6253	6356	25475
4-3	688	5	32	0,55	106	27,6	4091	4621	30096
3-2	499	0,6	32	0,40	66	27,6	2164	2203	32300
2-44	283	2,7	25	0,37	105	27,6	1851	2135	34435
44-45	162	26	20	0,34	73	27,6	1563	3461	37896
45-44	162	26	20	0,34	66	1	57	1773	39669
44-2	283	14	20	0,37	73	1	67	1089	40758
2-3	499	2,7	20	0,65	105	1	207	491	41248
3-4	688	0,6	32	0,55	66	1	148	188	41436
4-5	843	5	32	0,68	106	1	227	757	42193
5-6	958	0,7	32	0,77	146	1	291	393	42586
6-7	1147	5,3	40	0,59	65	1	171	515	43101
7-*	1299	0,7	40	0,66	100	1	213	283	43384
Сумарна втрата тиску на гілці									43384

Розрахунки для інших стояків і гілок проводжу аналогічно і заношу результати розрахунків до таблиці.

Таблиця 6.2. Гідравлічний розрахунок правої гілки дальнього стояка

№	G,	l,	d _{тр} , вн	V,	R,	Σζ	Z,	ΔP _i ,	ΣΔP _i ,
діл.	кг/год	м	мм	м/с	Па/м		Па	Па	Па
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
*-8	1017	0,7	40	0,52	84	27,6	3657	3716	3716
8-9	924	0,7	40	0,47	71	27,6	2987	3037	6753
9-10	827	2,9	40	0,42	58	27,6	2386	2554	9307
10-11	733	5,2	40	0,37	47	27,6	1851	2094	11401
11-12	639	4,6	40	0,33	38	27,6	1473	1650	13050
12-13	495	2	32	0,40	71	27,6	2164	2307	15357
13-14	405	5,3	32	0,33	51	27,6	1473	1745	17102
14-15	322	0,6	25	0,42	106	27,6	2386	2449	19552
15-16	239	5	25	0,31	63	10	471	787	20338
17-16	164	27,4	20	0,34	100	17	963	3691	24029
16-15	239	5	25	0,31	63	1	47	363	24392
15-14	322	0,6	25	0,42	106	1	86	150	24542
14-13	405	5,3	32	0,33	51	1	53	326	24868
13-12	495	2	32	0,40	71	1	78	221	25090
12-11	639	4,6	40	0,33	38	1	53	230	25320
11-10	733	5,2	40	0,37	47	1	67	309	25629
10-9	827	2,9	40	0,42	58	1	86	255	25884
9-8	924	0,7	40	0,47	71	1	108	158	26042
8-*	1017	0,7	40	0,52	84	1	132	192	26233
Сумарна втрата тиску на гілці									26233

Таблиця 6.3. Гідравлічний розрахунок правої гілки ближнього стояка

№	G,	l,	d _{тр} , вн	V,	R,	Σζ	Z,	ΔP _i ,	ΣΔP _i ,
діл.	кг/год	м	мм	м/с	Па/м		Па	Па	Па
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
*-30	1579	0,3	50	0,23	84	27,6	703	729	729
30-29	1453	5,1	50	0,21	73	27,6	596	968	1696
29-28	1327	0,6	50	0,19	62	27,6	497	534	2230
28-26	1201	8,2	50	0,17	52	27,6	407	833	3064
26-25	1079	0,8	40	0,24	128	27,6	802	904	3968
25-24	952	5,2	40	0,21	102	27,6	624	1155	5123
24-23	826	3	40	0,19	80	27,6	470	710	5833
23-21	700	5,7	40	0,16	60	27,6	337	679	6512
21-20	577	1	32	0,20	125	17	345	470	6982
20-19	416	5	32	0,15	71	17	179	534	7516
19-18'	279	4,1	25	0,16	113	17	216	680	8196
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18-18'	142	25	20	0,13	105	17	137	2762	10958
18'-19	279	4,1	25	0,16	71	1	13	304	11262
19-20	416	5	32	0,15	125	1	11	636	11897
20-21	577	1	32	0,20	60	1	20	80	11977
21-23	700	5,7	40	0,16	80	1	12	468	12446
23-24	826	3	40	0,19	102	1	17	323	12769
24-25	952	5,2	40	0,21	128	1	23	688	13457
25-26	1079	0,8	40	0,24	52	1	29	71	13528
26-28	1201	8,2	50	0,17	62	1	15	523	14051
28-29	1327	0,6	50	0,19	73	1	18	62	14113
29-30	1453	5,1	50	0,21	84	1	22	450	14562
30-*	1579	0,3	50	0,23	12	1	25	29	14592
Сумарна втрата тиску на гілці									14592

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						53
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4. Гідравлічний розрахунок лівої гілки ближнього стояка

№	G,	l,	d _{тр} , вн	V,	R,	Σζ	Z,	ΔP _i ,	ΣΔP _i ,
діл.	кг/год	м	мм	м/с	Па/м		Па	Па	Па
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
*-31	1429	0,4	50	0,21	71	27,6	576	604	604
31-33	1288	8,1	50	0,19	59	27,6	468	946	1550
33-34	1161	0,6	40	0,26	145	27,6	928	1015	2566
34-35	1035	5,2	40	0,23	119	27,6	738	1357	3922
35-36	909	3,1	40	0,21	94	27,6	569	861	4783
36-37	774	0,4	40	0,17	71	27,6	413	441	5224
37-38	639	4,4	40	0,14	51	27,6	281	506	5730
38-39	486	4,1	32	0,17	93	27,6	397	778	6508
39-40	378	5,2	32	0,13	60	17	148	460	6968
40-41	270	2,6	25	0,16	107	14	167	445	7413
41-42	195	2,7	25	0,11	61	14	87	252	7665
43-42	113	21,4	20	0,10	71	9	46	1565	9230
42-41	195	2,7	25	0,11	61	1	6	171	9401
41-40	270	2,6	25	0,16	107	1	12	290	9691
40-39	378	5,2	32	0,13	60	1	9	321	10012
39-38	486	4,1	32	0,17	93	1	14	396	10408
38-37	639	4,4	40	0,14	51	1	10	235	10642
37-36	774	0,4	40	0,17	71	1	15	43	10686
36-35	909	3,1	40	0,21	94	1	21	312	10998
35-34	1035	5,2	40	0,23	119	1	27	646	11643
34-33	1161	0,6	40	0,26	145	1	34	121	11764
33-31	1288	8,1	50	0,19	59	1	17	495	12259
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31-*	1429	0,4	50	0,21	71	1	21	49	12308
Сумарна втрата тиску на гілці									12308

					ТП-81мп 46 01 ПЗ				Δпк
									54
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата					

У даному розділі магістерської дисертації був проведений гідравлічний розрахунок системи опалення, вибрані діаметри трубопроводів, та визначені втрати тиску на різних гілках опалювальних стояків. Результати розрахунків знадобляться при проектуванні системи опалення.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		55

7 ПІДБІР ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНЯННЯ

Видалення повітря з приміщень кабінетів та кафедр здійснюється за допомогою настінних витяжних вентиляторів (VENTS) ЦФ 100 Турбо. Максимальна витрата повітря, яку забезпечує вентилятор – 122 м³/год. Корпус і крильчатка вентилятора виконана з АБС пластику. Вентилятор обладнаний пил'овим фільтром та гравітаційним зворотнім клапаном. Двигун вентилятора однофазний, з низьким енергоспоживанням, встановлений на опорах, що поглинають вібрацію. Ступінь захисту – IP 24. Вентилятори можуть бути обладнані таймером, який регулюється від 2 до 30 хвилин, або таймером та датчиком вологості, який регулюється від 60% до 90% відносної вологості, або таймером та датчиком руху. Також можлива схема підключення вентилятора до лампи освітлення. Вентилятор підходить як до зовнішнього, так і для внутрішнього монтажу. Кріпиться на стіну за допомогою шурупів або на кронштейнах. Може використовуватися для поточного монтажу.

Видалення повітря з приміщень кабінетів також здійснюється за допомогою системи повітропроводів та каналного вентилятора (VENTS) ВЕНТС ТТ Сайлент-М. Вентилятор обладнаний шумоізоляцією, що забезпечує безшумну роботу вентилятору при високих аеродинамічних характеристиках. Корпус виготовлений зі сталі з полімерним покриттям. Шумоізоляція виконана з шару мінеральної вати товщиною 50 мм. Двигун однофазний з низьким енергоспоживанням. Корпус вентилятора обладнаний кронштейнами для напільного, настінного або стельового монтажу.

В навчальних аудиторіях проектом передбачено встановлення припливно-витяжних установок із рекуперацією теплоти (VENTS) ДВУТ ПБ ЕС – підвісні децентралізовані припливно-витяжні установки, продуктивністю до 510 м³/год в тепло та шумоізолюваному корпусі. Ефективність рекуперації до 94%. Корпус виконаний зі сталі з полімерним покриттям. Передбачені автоматичні приточна та витяжна засувки для запобігання протягів, якщо установка вимкнута. Очистка повітря здійснюється за допомогою касетних фільтрів G4 та F8. Установки обладнані електричним нагрівачем. В установці передбачений бай пас, який відкривається в період літнього провітрювання.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		56

7.1 Аеродинамічний розрахунок системи припливно-витяжної вентиляції актової зали навчального корпусу Ф

Втрати тиску розраховуються за формулою, Па:

$$P = \sum(R \cdot l + z); \quad (7.1)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина ділянки повітропроводу, м;

z – втрати тиску на місцеві опори, кгс/м².

Втрати тиску на місцеві опори, Па:

$$z = \sum \zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho; \quad (7.2)$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору;

v – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – густина повітря, кг/м³.

Питомі втрати тиску на тертя розраховуються за формулою, Па:

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}; \quad (7.3)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя;

d – діаметр повітропроводу, м.

Коефіцієнт опору тертя розраховується за формулою:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{K}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (7.4)$$

де K – абсолютна еквівалентна шорсткість поверхні повітропроводу. Для листової сталі рівна 0,1 мм;

d – діаметр повітропроводу, мм;

Re – критерій Рейнольдса.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						57
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Критерій Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} ; \quad (7.5)$$

де ν – швидкість руху повітря, м/с;

d – еквівалентний діаметр повітропроводу, м;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с.

Еквівалентний діаметр трубопроводу визначимо за формулою, м:

$$d = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a+b)} ; \quad (7.6)$$

де a, b – геометричні розміри повітропроводу, м.

Діаметр повітропроводу, м:

$$d = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 0,7}{(0,4+0,7)} = 0,5 \text{ м}$$

Швидкість руху повітря визначимо за формулою, м/с:

$$v = \frac{L}{f \cdot 3600} ; \quad (7.7)$$

де L – витрата повітря, м³/год;

f – площа живого перерізу повітропроводу, м².

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						58
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Схема системи вентиляції актової зали
на лінії нагнітання (В2.7)

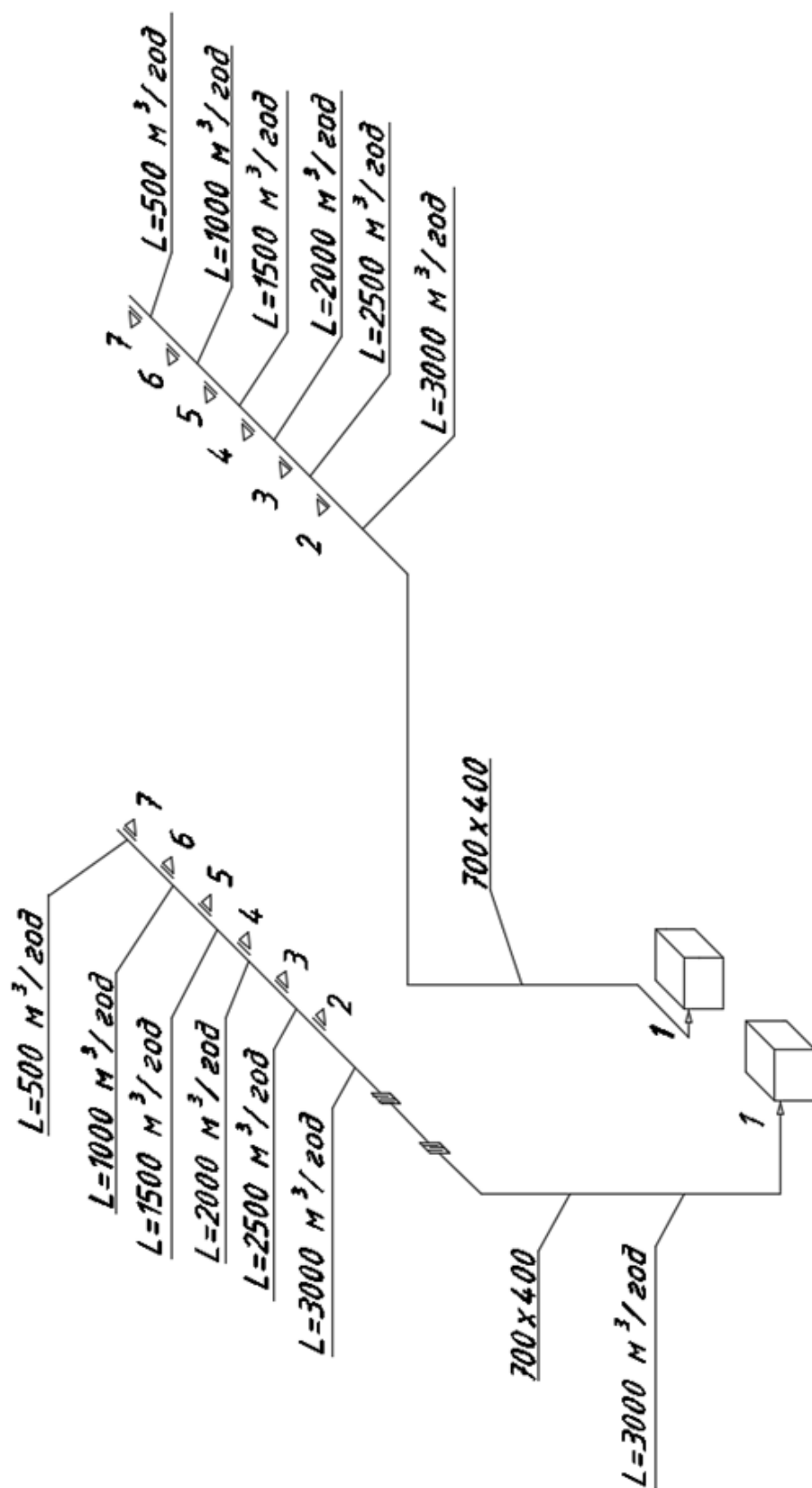


Рис. 2 – Розрахункова схема для аеродинамічного розрахунку системи вентиляції.

Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата

ТП-81мп 46 01 ПЗ

Дпк

Швидкість руху повітряна ділянці 1-2, м/с:

$$v = \frac{3000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 2,9 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{2,9 \cdot 0,5}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 96281$$

Коефіцієнт опору тертя:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{500} + \frac{68}{96281} \right)^{0,25} = 0,019$$

Втрати тиску на тертя на погонний метр повітропроводу, Па/м:

$$R = \frac{0,019}{0,5} \cdot \frac{1,2 \cdot 2,9^2}{2} = 0,191 \text{ Па/м}$$

Коефіцієнти місцевих опорів ζ визначаємо за [4] відповідно до виду місцевого опору.

Для повороту на 90° $\zeta=1,2$. Для отвору (залежно від швидкості руху повітря) $\zeta=1,8$; $\zeta=1,7$; $\zeta=1,9$; $\zeta=3$. При зміні поперечного перерізу $\zeta=0,36$ (розширення), $\zeta=0,3$ (звуження).

Розраховуємо втрати тиску на гілці 1. Втрати тиску на ділянці 1-2, Па:

$$\Delta P_{1-2} = 0,191 \cdot (2,75 + 8,6 + 13,96) + (1,2 \cdot 2 + 1,8 + 0,36) \cdot \frac{1,2 \cdot 2,9^2}{2} = 27,84 \text{ Па}$$

Ділянка 2-3. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{2500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 2,48 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 2-3, Па:

$$\Delta P_{2-3} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,48^2}{2} = 7,1 \text{ Па}$$

Ділянка 3-4. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{2000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 1,9 \text{ м/с}$$

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						60
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Втрати тиску на ділянці 3-4, Па:

$$\Delta P_{3-4} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,9^2}{2} = 4,1 \text{ Па}$$

Ділянка 4-5. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{1500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 1,48 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 4-5, Па:

$$\Delta P_{4-5} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,7 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,48^2}{2} = 2,82 \text{ Па}$$

Ділянка 5-6. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{1000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 0,99 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 5-6, Па:

$$\Delta P_{5-6} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,9 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,99^2}{2} = 1,5 \text{ Па}$$

Ділянка 6-7. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 0,49 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 6-7, Па:

$$\Delta P_{6-7} = 0,191 \cdot 2,4 + 3 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,49^2}{2} = 0,87 \text{ Па}$$

Втрати тиску на шумоглушнику (за даними виробника) - 14 Па

Втрати тиску на вентиляційній решітці 3040-1 (за даними виробника) - 1,07 Па

Загальні втрати тиску на гілці 1, Па:

$$\Delta P = 27,84 + 7,1 + 4,1 + 2,82 + 1,5 + 0,87 + 6 \cdot 1,07 + 2 \cdot 14 = 78,65 \text{ Па}$$

Розраховуємо втрати тиску на гілці 2. Втрати тиску на ділянці 1-2, Па:

$$\Delta P_{1-2} = 0,191 \cdot (1,12 + 1,8 + 8,6 + 9) + (1,2 \cdot 4 + 1,8 + 0,36) \cdot \frac{1,2 \cdot 2,9^2}{2} = 39,0 \text{ Па}$$

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						61
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ділянка 2-3. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{2500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 2,48 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 2-3, Па:

$$\Delta P_{2-3} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,48^2}{2} = 7,1 \text{ Па}$$

Ділянка 3-4. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{2000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 1,9 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 3-4, Па:

$$\Delta P_{3-4} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,9^2}{2} = 4,1 \text{ Па}$$

Ділянка 4-5. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{1500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 1,48 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 4-5, Па:

$$\Delta P_{4-5} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,7 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,48^2}{2} = 2,82 \text{ Па}$$

Ділянка 5-6. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{1000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 0,99 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 5-6, Па:

$$\Delta P_{5-6} = 0,191 \cdot 2,4 + 1,9 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,99^2}{2} = 1,5 \text{ Па}$$

Ділянка 6-7. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{500}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 0,49 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 6-7, Па:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		62

$$\Delta P_{6-7} = 0,191 \cdot 2,4 + 3 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,49^2}{2} = 0,87 \text{ Па}$$

Загальні втрати тиску на гілці 2, Па:

$$\Delta P = 39 + 7,1 + 4,1 + 2,82 + 1,5 + 0,87 + 6 \cdot 1,07 + 2 \cdot 14 = 89,81 \text{ Па}$$

Розрахуємо втрати тиску на лінії всмоктування

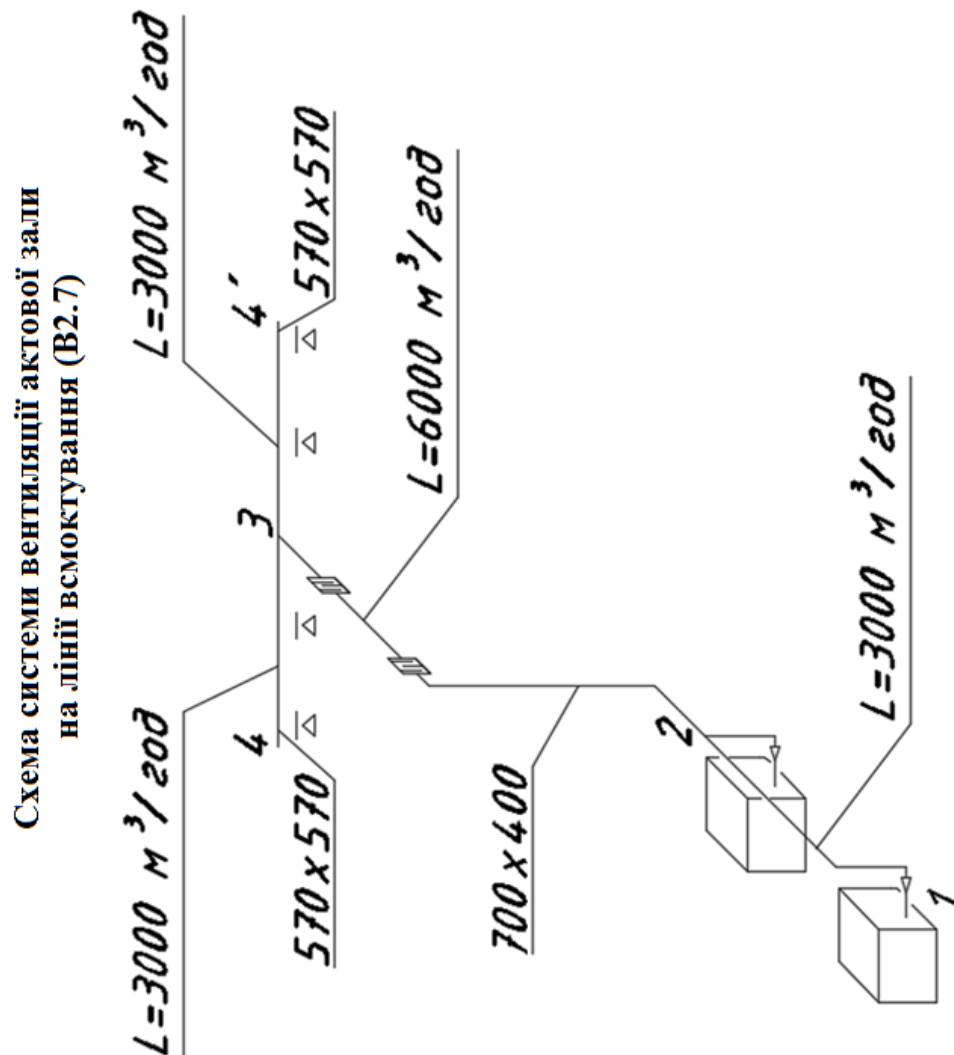


Рис. 3. – Розрахункова схема для аеродинамічного розрахунку системи вентиляції.

Ділянка 1-2. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{3000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 2,9 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 1-2, Па:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		63

$$\Delta P_{1-2} = 0,191 \cdot (0,2 + 4,36) + (2 \cdot 1,2 + 0,3) \cdot \frac{1,2 \cdot 2,9^2}{2} = 14,49 \text{ Па}$$

Ділянка 2-3. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{6000}{0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 5,95 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 2-3, Па:

$$\Delta P_{2-3} = 0,191 \cdot (1,7 + 4 + 3,74) + (2 \cdot 1,2 + 3,3 + 0,3) \cdot \frac{1,2 \cdot 5,95^2}{2} = 129 \text{ Па}$$

Ділянка 3-4, 3-4'. Швидкість руху повітря, м/с:

$$v = \frac{3000}{0,57 \cdot 0,57 \cdot 3600} = 2,56 \text{ м/с}$$

Втрати тиску на ділянці 3-4, 3-4', Па:

$$\Delta P_{3-4} = \Delta P_{3-4'} = 0,191 \cdot 4,3 + 1,8 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,56^2}{2} = 7,91 \text{ Па}$$

Загальні втрати тиску на гілці, Па:

$$\Delta P = 14,49 + 129 + 7,91 + 4 \cdot 1,07 + 2 \cdot 14 = 183,6 \text{ Па}$$

Загальні втрати тиску в системі, Па:

$$\Delta P = 89,81 + 183,6 = 273,41 \text{ Па}$$

7.2 Підбір обладнання системи припливно-витяжної вентиляції актової зали

Для організації подачі і видалення повітря з актової зали використовуємо припливно-витяжну установку з рекуперацією теплоти відпрацьованого повітря та електричним нагрівачем повітря (VENTS) ВУТ 3000 ПЕ ЕС. Використовується електричний нагрівач потужністю. 18кВт. Корпус установки виконаний з алюмоцинка з внутрішньою тепло- та звукоізоляцією із мінеральної вати товщиною 50мм.

Для фільтрації припливного і витяжного повітря в установці передбачено два вбудованих фільтра із ступенем очистки G4 (на витяжці) та F7 (на лінії притоку).

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						64
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

В установці застосовується пластинчатий рекуператор перехресного току із алюмінію. Під блоком рекуператора розташований піддон для збору і відводу конденсату.

Установка комплектується вбудованою системою автоматики та багатофункціональним дрововим пультом з графічним індикатором. Для запобігання процесу обмерзання рекуператора застосовується електронний захист із використанням бай пасу і нагрівача.

В системі автоматики доступні такі функції:

- Увімкнення та вимкнення установки;
- Можливість задавати температуру припливного повітря;
- Можливість регулювати швидкість обертів вентилятора;
- Керування електроприводами повітряних засувки;
- Робота установки по таймеру;

Припливно-витяжна установка монтується на підлозі, підвішується до стелі за допомогою монтажного кутика з вібровставкою або кріпиться на стіні за допомогою кронштейнів. Установку можна розміщувати як у приміщеннях, так і у основних (за підвісною стелею, у ніші або відкритим способом). Монтувати тільки в такому положенні, щоб забезпечити збір і відвід конденсату. Доступ до сервісного обслуговування і чистки фільтра – зі сторони бокових панелей.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						65
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Аеродинамічні характеристики установки зображені на діаграмі

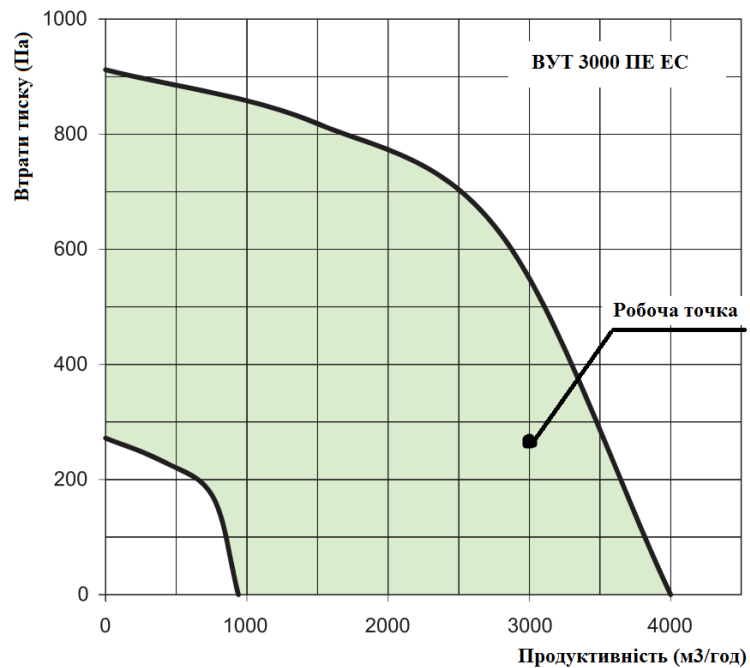


Рис. 4 – Аеродинамічні характеристики вентилятора припливно-витяжної установки

Розрахунок потужності електричного нагрівача припливно-витяжної установки

Загальна кількість теплоти, яка потрібна на нагрівання припливного повітря розраховується за формулою:

$$Q = c \cdot G \cdot \Delta t$$

де c – теплоємність повітря 1,005 кДж/кг·гр;

G – витрата повітря, м³/год;

Δt – різниця температур зовнішнього і внутрішнього повітря, °С.

Кількість теплоти на нагрівання припливного повітря, кВт:

$$Q = 1,005 \cdot \frac{3000}{3600} \cdot 1,2 \cdot (-23 - 20) = 43,21 \text{ кВт}$$

Ефективність рекуперації (за даними виробника) становить 75%. Тоді кількість теплоти, відібраної від витяжного повітря, кВт:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						66
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_p = 1,005 \cdot \frac{3000}{3600} \cdot 1,2 \cdot (-23 - 20) \cdot 0,75 = 32,41 \text{ кВт}$$

Потужність електричного нагрівача розрахуємо за формулою:

$$Q_{\text{ел}} = Q - Q_p \quad (7.8)$$

Потужність електричного нагрівача становитиме, кВт:

$$Q_{\text{ел}} = 43,21 - 32,41 = 10,8 \text{ кВт}$$

У даному розділі був виконаний підбір вентиляційного обладнання, аеродинамічний розрахунок системи вентиляції актової зали та знайдена робоча точка вентилятора, встановленого в приточно-витяжній установці. Були вибрані витяжні вентилятори а також приточно-витяжні установки з рекуперацією теплоти та електричним підігрівачем повітря.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		67

8 СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИТОЧНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ

Автоматизація - один з напрямів науково-технічного прогресу, застосування саморегулюючих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем управління, що звільняють людину від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів або інформації, істотно зменшують ступінь цієї участі або трудомісткість виконуваних операцій. Автоматизація потребує додаткового застосування датчиків (сенсорів), пристроїв введення, керуючих пристроїв (контролерів), виконавчих пристроїв, пристроїв виводу, що використовують електронну техніку і методи обчислень, іноді копіюють нервові і розумові функції людини. Поряд з терміном автоматичний, використовується поняття автоматизований, що підкреслює відносно велику ступінь участі людини в процесі.

Мета автоматизації - підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від виробництва, небезпечних для здоров'я. Автоматизація, за винятком найпростіших випадків, вимагає комплексного, системного підходу до вирішення завдання, тому рішення завдань, що стоять перед автоматизацією зазвичай називаються системами.

Система управління - систематизований набір засобів впливу на підконтрольний об'єкт для досягнення певних цілей даним об'єктом. Об'єктом системи управління зазвичай виступають технічні об'єкти. Об'єкт системи управління може складатися з інших об'єктів, які можуть мати постійну структуру взаємозв'язків.

Ефективна та економічна робота вентиляційної системи досягається в першу чергу за рахунок сучасної системи автоматики та управління системою. Будь яка система вентиляції є багатомірним об'єктом з великою кількістю зв'язків. Лише з сучасною автоматичною системою управління, працюючою за оптимальними алгоритмами можна задовольнити умовам безпеки, ефективності, надійності та економічності при роботі такої системи. Крім того, сучасні системи автоматики мають зручний інтерфейс керування.

Застосування сучасної автоматичної системи управління вентиляції та сучасних технічних пристроїв та засобів автоматизації дозволяє досягти наступних цілей:

- забезпечення надійної та довготривалої роботи системи вентиляції при змінних умовах зовнішнього середовища;

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		68

- забезпечення самодіагностики системи та ведення реєстрації всіх подій, що відбуваються у системі;

- автоматичний захист системи при аваріях;

- скорочення обсягів і тривалості технічного обслуговування;

- досягнення максимальної енергетичної ефективності при оптимальній економічності.

Тому розвиток і впровадження сучасних систем керування установками вентиляції та кондиціонування мікроклімату, є важливою задачею.

Система автоматизації припливно-витяжної установки побудована на базі мікропроцесорного локального контролера. Даний контролер разом із електротехнічною апаратурою забезпечує автоматичну роботу вентиляційної установки для підтримання необхідних та комфортних умов в приміщенні.

Система складається із:

- заслінок припливного та витяжного повітря, які відкриваються разом із запуском вентиляторів (блокування виконано електротехнічною частиною щита автоматики);
- припливного та витяжного вентиляторів із захистом від перегріву та контролем роботи за дискретним датчиком різниці тиску до і після вентилятора;
- фільтрів припливного та витяжного повітря, засміченість яких контролюється дискретними датчиками різниці тиску;

8.1 Автоматичне регулювання

Програмні ПД-регулятори регулюють положення клапана теплоносія за допомогою сигналу типу (0...10)В (аналоговий вихід), підтримуючи температуру витяжного повітря (Т2) не припускаючи значного падіння або зростання температури припливного повітря (Т1). Датчики температури стандартизовані із номінальною статичною характеристикою (НСХ) Pt-1000, підключаються до пасивних аналогових входів. Інтенсивність роботи припливного та витяжного вентиляторів регулюється сигналом (0...10)В (аналоговий вихід).

6.2 Контроль та технологічна сигналізація захисту

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						69
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Під час роботи системи постійно контролюється робота вентиляторів датчиками різниці тиску (SP1, SP2). Якщо датчик не фіксує різницю тиску, в систему диспетчеризації (якщо передбачена) видається сигнал аварія, а установка припиняє роботу. Під час пуску вентилятора контролер опитує датчики через декілька секунд, щоб виключити хибне спрацювання аварії «невихід на режим». Крім того, проектом передбачено контроль захисту від перегріву, використовуючи вбудовані термоконтакти та теплове реле. Аварія вентилятора дублюється сигнальною апаратурою на фасаді щита керування. Рівень засміченості фільтрів також контролюється датчиками різниці тиску (SP3, SP4). У випадку перевищення падіння тиску на фільтрі видається сигнал «аварія» на фасаді щита керування. Небезпека заморожування калорифера відслідковується апаратно за термостатом температури повітря (SK3), та програмно за аналоговим датчиком температури зворотного теплоносія (Т3). У випадку виникнення загрози заморожування калорифера контролер видає команду на вимикання вентиляторів, закриття повітряних заслінок, а клапан теплоносія (Y3) відкриває на 100%, доки не зникне загроза заморожування калорифера. Аналогічно контролюється загроза заморожування роторного рекуператора – за температурою повітря після рекуператора (Т11) і за датчиком різниці тиску на витяжній частині рекуператора (SP11).

Проектом передбачено встановлення на фасаді щита сигнальної арматури для індикації роботи вентиляторів, роботи та аварії насоса (контроль перегріву за термоконтактами та тепловим реле), роботи та аварії роторного рекуператора (згідно інформації від частотного перетворювача). Для проведення пусконаладжувальних та обслуговуючих робіт передбачено встановлення трипозиційних перемикачів режимів роботи вентиляторів, привода рекуператора та насоса («Автоматичний», «Відключено», «Місцевий»).

Контролер має програмне блокування пристроїв (у режимах зима/літо) щоб виключити можливість роботи нагрівача та охолодження одночасно.

Датчики підключаються до щита багатожильними мідними кабелями із ПВХ ізоляцією.

В розділі «Схема автоматизації приточно-витяжної установки» був описаний спосіб автоматизації вентиляційного агрегату а також технічні рішення щодо експлуатації та автоматизації установки.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						70
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує, і завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність нещасного випадку або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці. Для вирішення цього завдання на всіх ділянках і стадіях виробництва здійснюється комплекс взаємопов'язаних організаційних, технічних, гігієнічних і соціально-економічних заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці.

Охорона праці – система збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає в себе правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи. Всі норми трудового права спрямовані на захист інтересів всіх працюючих, на забезпечення умов праці, безпечних для життя й здоров'я робітників.

Метою магістерської дисертації є реконструкція системи опалення та вентиляції корпусу «Ф» Полтавського НТУ імені Юрія Кондратюка в м. Полтава. В розділі буде розглянуто основні заходи з охорони праці при експлуатації вентиляційного обладнання.

У відповідності до ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ основними потенційно шкідливими і небезпечними виробничими факторами при експлуатації вентиляційних установок є: підвищена напруга мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини; підвищений рівень шуму і вібрації; недостатнє освітлення.

Розробка проекту реконструкції системи опалення та вентиляції потребує застосування засобів обчислювальної техніки для виконання креслень, то в даному розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації засобів обчислювальної техніки, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії при виконанні науково-дослідної роботи. Крім того, в даному розділі визначені основні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В даному розділі магістерської дисертації запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання, гігієни праці і виробничої санітарії та визначені основні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

9.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання

У ході проведення робіт у приміщеннях будівлі проектом передбачені наступні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання:

1. У вентиляційного обладнання відсутні відкриті частини, що обертаються.
2. Розміщення обладнання запроектовано з дотриманням необхідних проходів між будівельними конструкціями з урахуванням виконання монтажних, ремонтних та експлуатаційних робіт.
3. Монтаж системи вентиляції виконується згідно з СНиП 3.05.01-85 і технічних умов на обладнання.
4. Кабелі підключення вентиляційних установок до електричної мережі ізолювані. Вибір ізоляції здійснювався з розрахунку 1 кОм на 1 В напруги. Таким чином, кабелі вентиляційних установок виконані в ізоляційному корпусі з робочим опором не менше 380 кОм.
5. Опір ланцюга заземлення повинен періодично перевірятися, його значення не повинно перевищувати 0,1 Ом.
6. Всі внутрішні розводки кабелів живлення розташовані за захисними панелями.
7. Всі внутрішні кабелі ізолювані.
8. Нульовий провід прокладено так, щоб виключити можливість обриву; у нульовому проводі забороняється ставити запобіжники, вимикачі й інші прилади, здатні порушити його цілісність. Провідність нульового проводу становить не менше 50 % провідності фазного проводу.

9.1.1 Електробезпека

Напруга в електромережі приміщення становить 220В, струм змінний. Мережа трифазна, чотири провідна, із заземленою нейтраллю. Розетки заземлені, які відповідають нормам ПУЕТ та НПАОП 0.00-1.28-10 [2]. Електропроводка прокладена в закритих ізолюючих жолобах під підлогою. Споживачами електроенергії є ЕОМ, дисплеї, принтери, освітлювальні прилади.

Характеристика використовуваного устаткування по споживанню електроенергії:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						72
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Монітори Samsung C23A750X та Samsung SyncMaster 970P напруги 100-240 В, сили струму 1.2 А, частоти 85 Гц та 90Гц відповідно;
- Системний блок моделі IBM PC Pentium 4 напругою 220 В, частотою 50 Гц, силою струму 1 А;
- Корпус моніторів оформлений пластмасою, що захищає користувача від можливої поразки струмом при дотику до корпусу. Те ж стосується принтерів та системних блоків. Для уникнення перегріву системного блоку та монітору вентиляційні отвори завжди не загороджені сторонніми предметами. Радіатори та труди центрального опалення закриті ізолюючими щитами, що виключає перегрів корпусу комп'ютера, навіть якщо він стоятиме близько до вікна.

За способом захисту людини від ураження електричним струмом згідно ДСТУ ІЕС 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання» блоки ПЕОМ та периферійні пристрої відносяться до І та ІІ класів з електрозахисту.

Робоче приміщення відноситься до сухих, так як відносна вологість у приміщеннях не перевищує 60%.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом дане приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, тому що в ньому відсутні умови, які створюють підвищену або особливу небезпеку:

- вологість;
- струмопровідний пил;
- хімічноактивне середовище;
- струмопровідна підлога;
- підвищена температура;
- можливість одночасного дотику до заземлених металоконструкцій будівлі з одного боку, та до металевих частин електрообладнання, з іншого боку.

ЕОМ, дисплеї, принтери, освітлювальні прилади, електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПВЕ, мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Електробезпека вентиляційного обладнання:

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						73
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Живлення електроустаткування здійснюється від п'ятипровідної електромережі (50 Гц, 220/380В) з глухо заземленою нейтраллю та зануленням і використанням автощитів максимального струмового захисту та ПЗВ.

Розрахунок електромережі на вимикаючу здатність при аварійному режимі роботи системи керування та автоматизації.

Розрахуємо струм короткого замикання при аварійному режимі роботи системи керування та автоматизації

$$I_{\kappa\text{з}} = \frac{U_m}{\sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (x_\phi + x_n)^2 + Z_{m/3}}} , \text{А} ; \quad (9.1)$$

де U_m – напруга, В;

R_ϕ – активна складова опору фази, Ом;

R_n – активна складова опору нульового проводу, Ом;

x_ϕ – індуктивна складова опору фази, Ом;

x_n – індуктивна складова опору нульового проводу, Ом;

$Z_{m/3}$ – еквівалентний опір трансформатору, Ом.

$$I_{\kappa\text{з}} = \frac{380}{\sqrt{(3+3)^2 + (0,7+0,7)^2 + 0,15}} = 60,21 \text{А}.$$

Обчислимо кратність струму короткого замикання до струму номінального спрацювання, якщо $I_{\text{ном}}=30 \text{ А}$

$$k = \frac{I_{\kappa\text{з}}}{I_{\text{ном.еф}}} ; \quad (9.2)$$

$$k = \frac{60,21}{30} = 2,01$$

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						74
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$k = 2,01 > 1,4(I_{\kappa 3} < 100A) .$$

Таким чином, автоматика захисту буде відповідати заданим вимогам.

Розрахуємо максимальну напругу при аварійному режимі роботи системи керування та автоматизації.

$$U_{\kappa \max} = I_{\kappa 3} \cdot R_n, \quad (9.3)$$

$$U_{\kappa \max} = 60,21 \cdot 4 = 240,84B.$$

Ця напруга повинна відповідати умові:

$$U_{\kappa \max} < U_{\text{доп}}$$

Згідно з ПУЕ 2017, $U_{\text{доп}}=500 \text{ V}$, при часі спрацювання менше 0,1 с.

Отже, вимикання мережі при аварійному режимі роботи системи керування та автоматизації відповідає вимогам ПУЕ 2017 щодо безпечної роботи персоналу.

Згідно з ПУЕ 2017 мережа відноситься до ОІ та І класу з електрозахисту.

Живлення двигуна вентилятора відбувається за допомогою три провідної електричної мережі з ізольованою нейтраллю. Живлення системи керування та автоматизації відбувається за допомогою чотири провідної електричної мережі з глухозаземленою нейтраллю та зануленням.

9.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії

Розробка проекту реконструкції системи опалення та вентиляції потребує застосування засобів обчислювальної техніки для виконання креслень, то в даному розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації засобів обчислювальної техніки. Вимоги до організації робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ в приміщенні:

а) ергономіка робочого місця, його розміри й взаємне розташування робочих місць повинні відповідати ергономічним вимогам і забезпечувати безпеку (ДСТУ ISO 9241:6-2004);

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						75
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

б) при проектуванні робочих місць варто передбачити виконання робіт сидячи або стоячи, при чергуванні сидячи й стоячи;

в) конструкція крісел повинна відповідати ергономічним вимогам. Оптимальне положення тіла працюючого забезпечується відповідною конструкцією робочого місця, а також регулюванням висоти робочої поверхні сидіння, простори й підставки для ніг.

Норми площі і об'єму повітря на одного працівника та на один комп'ютер описані в ДСанНіП 3.3.2-007-98 „ Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”. Згідно з ними на одне робоче місце площа

$$S = 6 \text{ м}^2, \text{ обсяг повітря } V = 20 \text{ м}^3.$$

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 під забезпеченням нормативних параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що визначається в сумарній дії на організм людини температури, вологості і швидкості руху повітря.

Під виробничим мікрокліматом розуміють стан повітряного середовища виробничого приміщення, який визначається температурою, відносною вологістю, рухом повітря та тепловим випромінюванням нагрітих поверхонь, що в сукупності впливають на тепловий стан організму людини. В процесі трудової діяльності людина перебуває у постійній тепловій взаємодії з виробничим середовищем. За нормальних мікрокліматичних умов в організмі працівника, завдяки терморегуляції, підтримується постійна температура тіла (36,6°C).

Кількість тепла, що утворюється в організмі, залежить від фізичного навантаження працівника, а рівень тепловіддачі — від мікрокліматичних умов виробничого приміщення. Оскільки робота за комп'ютером характеризується малими фізичними навантаженнями, то цей вид діяльності належить до категорії легких робіт за критерієм енерговитрат організму (ДСанПіН 3.3.6-042-99). Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини відбувалися нормально, тепла енергія, що виділяється під час роботи організмом, повинна повністю відводитись у навколишнє середовище. Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або ж переохолодження організму людини і, зрештою, до захворювання.

Віддача тепла організмом людини здійснюється, в основному, за рахунок випромінювання і випаровування вологи з поверхні шкіри. Чим нижча температура повітря і

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						76
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

швидкість його руху, тим більше тепла віддається випромінюванням. При високій температурі значна частина тепла втрачається випаровуванням поту.

Вологість повітря істотно впливає на віддачу тепла випаровуванням. Через високу вологість випаровування погіршується і віддача тепла зменшується. Зниження вологості покращує процес тепловіддачі випаровуванням. Однак, надто низька вологість викликає висихання слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Рухомість повітря визначає рівень тепловіддачі з поверхні шкіри конвекцією і випаровуванням. Різкі коливання температури в приміщенні, яке продувається холодним повітрям (протягом) значно порушують терморегуляцію організму і можуть викликати простудні захворювання.

У навчальних приміщеннях клімат повинен відповідати наступним санітарним нормам:

- температура повітря 18 °С;
- відносна вологість повітря – 40-60%;
- швидкість руху повітря – 0,2-0,3 м/с.

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для цих умов наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 9.1 - Параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.36042-99

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	21-23	40-60	0,3	18-27	65 при 26°С	0,2-0,4
Холодний	19-21	40-60	0,2	17-23	75	не більше 0,3

Отже, температура у навчальних приміщеннях задовольняє допустимі параметри, а вологість і швидкість повітря – оптимальні, тому необхідності у коригуванні мікроклімату немає.

9.2.1 Освітлення робочої зони

Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені державними будівельними нормами на проектування будівель і споруд, нормативними документами з будівельного проектування будівель і споруд окремих галузей промисловості, затвердженими в установленому порядку, а також приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будівель.

Для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (лампами розжарювання), володіють більшою світловою віддачею та терміном експлуатації.

Штучне освітлення приміщень здійснюється системою загального або комбінованого освітлення. Зорові умови праці при штучному освітленні характеризуються найменшим об'єктом розпізнавання, розрядом і під розрядом зорових робіт, контрастом об'єкту розпізнавання з фоном, системою освітлення. Нормативними показниками штучного освітлення є: величина освітленості, показники засліпленості або дискомфорту, коефіцієнт пульсації освітленості. Нормовані значення штучного освітлення наведено в ДБН В2.5-28-2018. Згідно з ДБН В2.5-28-2018 робота в приміщенні відноситься до III категорії зорових робіт, а отже у будь-якій точці приміщення вентиляційної освітленість має складати не менше 2000 – 400лк.

В умовах експлуатації вентиляційних установок повинно бути забезпечене загальне освітлення. Для освітлення необхідно застосовувати газорозрядні лампи з рівномірним розподілом плафонів по стелі приміщення, щоб у будь-якій точці освітленість складала не менше 300 лк. Дана умова виконується.

9.2.3 Захист від виробничих вібрацій

Вібрації – це механічні коливання пружинних тіл або механічні коливальні рухи виробничої системи.

Джерелом вібрації в умовах, які розглядаються в проєкті є вентилятор, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.039-99.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						78
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для зменшення дії вібрацій на працюючих місцях, проектом передбачено, що монтаж вентиляційної установки необхідно проводити на «віброгасники» – спеціальні гумові вставки, за допомогою яких гасяться вібрації вентилятора.

9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

9.3.1 Оповіщення та евакуація персоналу при надзвичайних ситуаціях

Згідно ст. 27 ПКМ від 15.02. 99 N 192 "Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях" передбачено:

- встановлення електросирен з можливістю централізованого запуску (місце встановлення: газова котельня);
- обладнання всіх навчальних, службових та адміністративних приміщень радіотрансляційними точками (радіоприймачами відповідного діапазону для районів, де немає проводового мовлення) для гарантованого приймання програм державного радіомовлення;
- безперешкодний допуск працівників, які здійснюють експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦО, за пред'явленими ними посвідченнями особи на територію та в приміщення навчального закладу, установ і організацій для проведення ремонту або інших робіт, пов'язаних з технічною експлуатацією та обладнанням систем оповіщення.

Готовність систем оповіщення забезпечено шляхом:

- організованої цілодобової чергової операторів котельні;
- налагодження телефонного зв'язку чергових служб котельні з оперативно-черговою службою пункту управління облдержадміністрації та черговими службами органів Державної служби з надзвичайних ситуацій в місті Полтава;
- завчасної підготовки персоналу чергових служб до дій у надзвичайних ситуаціях;
- впровадження автоматизованих систем оповіщення з використанням сучасних технологій;
- якісного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та системи зв'язку.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						79
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

9.3.2 Дії персоналу при надзвичайних ситуаціях

Відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України робочим проектом передбачено комплекс технічних заходів з забезпечення підготовки персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Серед них:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту людей та об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення студентів та працівників навчального закладу про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

9.3.3 Пожежна безпека та профілактика

Пожежна безпека забезпечується: системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту, організаційно-технічними заходами.

У приміщенні може виникнути пожежа у випадку порушення ізоляції електропроводів й устаткування при короткому замиканні, при порушенні правил пожежної безпеки, при порушенні правил експлуатації електроустановок. У приміщеннях експлуатації знаходяться наступні пожежонебезпечні матеріали: складові частини вентиляційного устаткування – електро - й теплоізоляція установки. Приміщення згідно з ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 відноситься до категорії "В", а робочі зони згідно з ДНАОП 0.00-1.32-0 відносяться до класу П-П-а з пожежонебезпеки.

Існує можливість пожежі при короткому замиканні в системі електроживлення. Для усунення можливості запалення, живлення електричною енергією відбувається через щиток, на якому встановлені автоматичні вимикачі. При підвищенні струму вище допустимого значення (5А), відбувається відключення електронної техніки від загальної мережі електроживлення. Кабелі електропроводки захищені негорючою ізоляцією. Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 у приміщенні передбачена система автоматичної пожежної сигналізації.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						80
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

У повітрі приміщень немає ніяких вибухонебезпечних паро- і газоповітряних сумішей. Для евакуації людей з приміщення використовується один евакуаційний вихід, розроблена схема шляхів евакуації при пожежі, яка розташована на стінах біля дверей виходу.

Приміщення, де розташовані кабельні комунікації, має II ступінь вогнестійкості з межею вогнестійкості 0,75 ч. (СНиП 2.01.02-85).

У приміщеннях передбачений вільний доступ до виходу на випадок евакуації.

Мінімальний час евакуації, ширина евакуаційних виходів та проходів, максимальна віддаленість робочих місць від евакуаційних виходів відповідають вимогам ДБН В.1.1-7-2016, СНиП 1.01.02-85 та СНиП 2.09.02-85.

Система протипожежного захисту відповідає вимогам НАПБА.01.001-2004 – Правила пожежної безпеки в Україні та НАПБ.В.01.34-2005.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						81
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

10 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Техніко-економічний розрахунок є невід'ємною складовою частиною дипломного проекту і разом з технічними розділами визначають комплексний підхід. Забезпечення високої якості споруджуваних і реконструйованих об'єктів і економічне обґрунтування є найважливішим завданням дипломного проекту. Це пояснюється більшими капіталовкладеннями, високими вимогами до тривалого періоду експлуатації і оптимальним рішенням технічних питань. Вони повинні бути оптимальними і забезпечувати високу ефективність капітальних вкладень. Але, на жаль, у цей час не завжди вдається переконати замовника в доцільності застосування енергозберігаючих установок.

10.1 Вихідні дані

Зробимо порівняльну характеристику доцільності застосування припливно-витяжної установки з рекуператором.

Всі ціни на устаткування взяті за даними компанії «ВЕНТС» станом на листопад 2019р.

1) Вартість установки

Без рекуператора – 87019 грн;

З рекуператором – 95500 грн.

2) Споживана потужність приточно витяжних установок

Потужність вентиляторів $N_{B1}=2,2\text{кВт}$;

Сумарна потужність вентиляторів та електричного підігрівача повітря $N_{B2}=12,78\text{ кВт}$.

3) Вартість енергоносіїв

Вартість електроенергії $1\text{кВт год}=1,68\text{грн.}$;

- Вартість теплової енергії $1\text{ГКал}=1465\text{ грн.}$

4) Так як актовa зала не являється приміщенням постійного перебування людей, то число годин роботи припливно-витяжної установки при використанні приміщення в середньому 3 рази в тиждень по 4 години за рік становитиме:

$\tau=660\text{ год/рік}$

10.2 Капітальні втрати

Капітальні втрати містять у собі вартість припливно-витяжної установки, її монтаж і пуско-налагоджувальні роботи.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						82
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сума капітальних витрат для установок

Без рекуператора – 112000 грн;

З рекуператором – 120000 грн.

10.3 Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати складаються з: затрат на електроенергію, затрат на теплову енергію, затрат на амортизацію.

1) Витрати на електроенергію, грн./рік

$$З_e = B_e \cdot C_e \quad (10.1)$$

де B_e – річне споживання електроенергії кВтг/рік;

$$B_e = \tau \cdot C_e \quad (10.2)$$

$$B_e = 660 \cdot 1,68 = 1108,8 \text{ кВтг/рік}$$

де C_e – вартість 1 кВт год електроенергії.

Визначимо загальну вартість спожитої електричної енергії припливно-витяжними установками на рік:

Установка без рекуператора:

$$З_e = 1108,8 \cdot 2,2 = 2439,36 \text{ грн/рік}$$

Установка з рекуператором:

$$З_e = 1108,8 \cdot 12,78 = 14170 \text{ грн/рік}$$

Так як припливно-витяжна установка з рекуперацією використовує теплоту відхідного повітря, то відбуватиметься економія теплової енергії. При ефективності рекуперації 75% (за даними виробника), кількість заощадженої теплової енергії при такій же кількості годин роботи на рік становитиме:

$$Q_z = \frac{32,41 \cdot 3600}{2 \cdot 4,2} \cdot 660 = 9,16 \text{ Гкал}$$

Визначимо річну економію установки з рекуператором на тепловій енергії:

$$З_{ек} = 9,1 \cdot 1465 = 13331,5 \text{ грн/рік}$$

3) Витрати на амортизацію

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						83
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо середню норму амортизаційних витрат на устаткування рівною 15% від основних фондів:

$$З_{ам} = 0,15 \cdot Ц_{осн.ф} \quad (10.3)$$

де $Ц_{осн}$ - вартість основних фондів, грн.

Установка без рекуператора

$$З_{ам} = 0,15 \cdot 112000 = 16800 \text{ грн}$$

Установка з рекуператором

$$З_{ам} = 0,15 \cdot 120000 = 18000 \text{ грн}$$

4) Загальні витрати, грн./рік

$$З_{заг} = З_e + З_{ам} + З_{рем} \quad (10.4)$$

Установка без рекуператора

$$З_{заг} = 2439,36 + 16800 = 19239,36 \text{ грн./рік}$$

Установка з рекуператором

$$З_{заг} = (14170 - 13331) + 18000 = 18839 \text{ грн./рік}$$

10.4 Економічний ефект

1) Економічний ефект по капіталовкладенням, грн

$$\Delta K = \sum K_2 - \sum K_1 \quad (10.5)$$

$$\Delta K = 120000 - 112000 = 8000 \text{ грн}$$

2) Економічний ефект по експлуатаційних витратах, грн/рік

$$\Delta Z = \sum Z_1 - \sum Z_2 \quad (10.6)$$

$$\Delta Z = 19239,26 - 18839 = 400,36 \text{ грн./рік}$$

3) Загальний економічний ефект, грн/рік

$$E = \Delta Z + \Delta K \cdot E_n \quad (10.7)$$

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Δпк
						84
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

де E_n – нормативний коефіцієнт, приймаю $E_n=0,15$;

$$E = 400,36 + 8000 \cdot 0,15 = 1600,36 \text{ грн/рік}$$

З техніко-економічного розрахунку видно, що більш ефективно встановлювати припливно-витяжні установки з рекуператором. Це дозволить значно економити на енергоресурсах впродовж експлуатації установки.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						85
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи було з'ясовано, що система опалення потребує модернізації. Вона була закладена в 40-50 роках минулого століття, тому енергетичний потенціал майже вичерпаний. Безперечно система знаходиться у робочому стані, проте вона не забезпечує потрібну нам розрахункову температура повітря для необхідних та комфортних умов.

Термін експлуатації сталевих труб та чавунних радіаторів, зразка типу (MC140-M), які встановлені на даній системі опалення, вже майже вичерпаний. На підставі досліджень та розрахунків була спроектована модернізована система, відповідно до будівельних норм, яка забезпечує всі необхідні умови. В першу чергу був прорахований термічний опір огорожувальних конструкцій, відповідно до якого був визначений коефіцієнт теплопровідності.

Наступним кроком був розрахунок тепловтрат в приміщеннях. Оскільки чисте повітря це невід'ємна частина комфортних умов, важливим кроком є визначення тепловитрат на нагрівання вентиляційного повітря. На основі вище сказаних розрахунків були обчислені загальні тепловтрати у приміщеннях будівлі, з яких було розраховано кількість секцій в опалювальному приладі. Останнім етапом моєї роботи став гідравлічний розрахунок, в основу якого входить визначення діаметрів трубопроводів опалювальної мережі. Оновлена система опалення оснащена сучасними біметалевими радіаторами. Всю систему з'єднують поліпропіленові труби, які мають безліч переваг. А також для якісного регулювання та досягнення максимально комфортних умов перед кожним радіатором встановлений терморегулятор з відповідним налаштуванням, а також регулятор тиску на кожному стояку

Видалення повітря з приміщень кабінетів та кафедр здійснюється за допомогою настінних витяжних вентиляторів (VENTS) ЦФ 100 Турбо. Максимальна витрата повітря, яку забезпечує вентилятор – 122 м³/год. Корпус і крильчатка вентилятора виконана з АБС пластику. Вентилятор обладнаний пильовим фільтром та гравітаційним зворотнім клапаном. Двигун вентилятора однофазний, з низьким енергоспоживанням, встановлений на опорах, що поглинають вібрацію. Ступінь захисту – IP 24. Вентилятори можуть бути обладнані таймером, який регулюється від 2 до 30 хвилин, або таймером та датчиком вологості, який регулюється від 60% до 90% відносної вологості, або таймером та датчиком руху. Також можлива схема

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						86
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

підключення вентилятора до лампи освітлення. Вентилятор підходить як до зовнішнього, так і для внутрішнього монтажу. Кріпиться на стіну за допомогою шурупів або на кронштейнах. Може використовуватися для поточного монтажу.

Видалення повітря з приміщень кабінетів також здійснюється за допомогою системи повітропроводів та каналного вентилятора (VENTS) ВЕНТС ТТ Сайлент-М. Вентилятор обладнаний шумоізоляцією, що забезпечує безшумну роботу вентилятору при високих аеродинамічних характеристиках. Корпус виготовлений зі сталі з полімерним покриттям. Шумоізоляція виконана з шару мінеральної вати товщиною 50 мм. Двигун однофазний з низьким енергоспоживанням. Корпус вентилятора обладнаний кронштейнами для напівного, настінного або стельового монтажу.

В навчальних аудиторіях проектом передбачено встановлення припливно-витяжних установок із рекуперацією теплоти (VENTS) ДВУТ ПБ ЕС – підвісні децентралізовані припливно-витяжні установки, продуктивністю до 510 м³/год в тепло та шумоізолюваному корпусі. Ефективність рекуперації до 94%. Корпус виконаний зі сталі з полімерним покриттям. Передбачені автоматичні приточна та витяжна засувки для запобігання протягів, якщо установка вимкнута. Очистка повітря здійснюється за допомогою касетних фільтрів G4 та F8. Установки обладнані електричним нагрівачем. В установці передбачений бай пас, який відкривається в період літнього провітрювання.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		87

ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.6-31: 2016. Теплова ізоляція будівель. Мінрегіон України, 2017 – 33 с.
2. ДБН В.2.2-3:2017 Навчальні заклади. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017 – 95 с.
3. ДБН В.2.5-67-2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 – 141 с.
4. Староверов И.Г. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3ч. Ч.І. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканами и др.; Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

					ТП-81мп 46 01 ПЗ	Дпк
						88
Зм.	Авк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Вентиляція є одним із найважливіших санітарно-гігієнічних заходів, що забезпечують підтримання нормативних параметрів повітря у приміщенні. Проектування систем вентиляції регламентується Державними будівельними нормами України.

Мета дипломного проекту – розроблення проекту капітального ремонту системи вентиляції першого, другого і третього поверхів Ф корпусу Полтавського Національного Технічного Університету імені Юрія Кондратюка. Існуюча система вентиляції в будівлі – механічна, припливно-витяжна із використанням вентиляційних каналів у стінах будівлі. Після огляду системи вентиляції було встановлено, що вентиляційне обладнання вийшло з ладу, більшість вентиляційних каналів було закладено, отже, існуюча система вентиляції не функціонувала належним чином. Проблемою існуючої системи вентиляції є її невідповідність до сучасних вимог енергоефективності та енергозбереження.

Діючі Державні будівельні норми України вимагають встановлення у навчальних аудиторіях припливно-витяжних установок з використанням теплоти витяжного повітря для підігріву припливного повітря. Проектом передбачено встановити припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла, які не передбачають улаштування вентиляційних каналів, отже, всі існуючі вентиляційні канали було вирішено закласти. Видалення повітря із не навчальних приміщень було вирішено організувати за допомогою настінних витяжних вентиляторів. Вентиляцію танцювальної зали та великого актового залу вирішено організувати за допомогою припливно-витяжних установок із рекуперацією тепла. Усі припливно-витяжні установки мають електричний нагрівач повітря.

Розділ 2

Розрахунок тепловитрат в приміщеннях

Щоб правильно підібрати опалювальні прилади в приміщенні, необхідно знати його тепловтрати. Тому розрахунок тепловтрат є одним з головних етапів проектування системи опалення.

Для розрахунку використовують наступні дані: плани поверхів з вказівкою призначення приміщень, призначення кожного приміщення, місце спорудження будинку, теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень. Всі опалювальні приміщення на плані позначені порядковими номерами за годинниковою стрілкою (починаючи з №101 і далі - приміщення першого поверху, з № 201 і далі - другого поверху і т.д.).

Втрати тепла приміщеннями через конструкції, що огорожують, визначають шляхом підсумовування основних і додаткових втрат.

Теплові втрати приміщеннями житлових, громадських та промислових будівель, кВт, розраховуються для холодного періоду року за формулою

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг.і}} + Q_{\text{інф}},$$

Ак
Пей
акт

Втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції складаються з основних та додаткових і розраховуються для кожного елемента огорожувальної конструкції за формулою

$$Q_{\text{обг.і}} = (1/r_i) F_i \Delta t_i (1 + \sum \beta)_{i, n_i}$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт; F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м²; Δt_i – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С; n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт; F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м²; Δt_i – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С; n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу; $\Sigma \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних; Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря $Q_{\text{інф}}$, кВт, розраховуються для кожного опалюваного приміщення, яке має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву нагрівальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину за формулою [8]

$$Q_{\text{інф}} = (1/3600) c_p \rho_p F_p h (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}),$$

де c_p – питома масова теплоємність повітря, Дж/(кг·К), яку можна взяти 1005 Дж/(кг·К); ρ_p – густина повітря, кг/м³, яка розраховується за методикою розд.1,

Розрахуємо теплові втрати приміщення 118Ф (Навчальна аудиторія).

Вихідні дані для розрахунку:

Температура всередині приміщення: $t_{\text{вн}}=18$ °С,

Зовнішня температура: $t_{\text{зов}}=-23$ °С,

Площа огорожуючих конструкцій: $F_{\text{вікон}}= 10,09$ м², $F_{\text{стіл}}= 31,02$ м²

Термічні опори огорожуючих конструкцій: $R_{\text{вікон}}=0,94$ м²·°С/Вт, $R_{\text{стіл}}=3,2$ м²·°С/Вт

За [1] беремо коефіцієнти теплопередачі для огорожуючих конструкцій:

$\alpha_3=23$ Вт/м²·°С, $\alpha_{\text{вн}}=8,7$ Вт/м²·°С

$$Q_{\text{обг}} = \left(\frac{1}{\frac{1}{8,7} + 0,94 + \frac{1}{23}} \right) \cdot 10,09 \cdot (18 - (-23)) + \left(\frac{1}{\frac{1}{8,7} + 3,2 + \frac{1}{23}} \right) \cdot 31,02 \cdot (18 - (-23)) = 810,33 \text{ Вт}$$

Таким чином проводжу розрахунок втрат теплоти через огорожуючі конструкції для всі приміщень будівлі. Розрахунки заносу до таблиці.

Таблиця 1. Теплові втрати приміщень на цокольному поверсі будівлі

№	Призначення	t _{вн} , °C	t _{зов} , °C	Вид огор. констр	F, м²	k, Вт/(м²·°C)	Q транс, Вт	Q _{сум} , Вт
027ф	Кладова	18	-23	ЗС	13,86	0,294	167,135	167,135
029ф	Кладова	18	-23	ЗС	20,79	0,294	250,703	250,703
030(1)ф	Лабораторія	18	-23	В	9,558	0,909	356,253	710,565
		18	-23	ЗС	29,382	0,294	354,312	
030(2)ф	Лабораторія	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	461,322
		18	-23	ЗС	27,852	0,294	335,862	
030(5)ф	Лабораторія	18	-23	В	1,8	0,909	67,091	431,605
		18	-23	ЗС	30,228	0,294	364,514	
030(4)ф	Лабораторія	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	234,894
		18	-23	ЗС	9,075	0,294	109,434	
030ф	Лабораторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	419,249
		18	-23	ЗС	13,959	0,294	168,329	

Таблиця 2. Теплові втрати приміщень на першому поверсі будівлі

118ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	750,445
		18	-23	ЗС	31,02	0,294	374,065	
4ф	Кабінет	18	-23	ЗС	6,37	0,294	76,803	117,393
		18	-23	В	3,37	0,294	40,590	
116ф	Кабінет	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	208,630
		18	-23	ЗС	6,90	0,294	83,170	
115ф	Аудиторія	18	-23	В	6,73	0,909	250,920	400,148
		18	-23	ЗС	12,38	0,294	149,228	
114ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	597,237
		18	-23	ЗС	18,32	0,294	220,857	
113ф	Аудиторія	18	-23	В	10,10	0,909	376,380	587,289
		18	-23	ЗС	17,49	0,294	210,909	
3ф	Кладова	18	-23	В	3,37	0,909	125,460	335,573
		18	-23	ЗС	17,42	0,294	210,113	
7ф	Кабінет	18	-23	ЗС	11,88	0,294	143,259	143,259
6ф	Кабінет	18	-23	В	6,08	0,909	226,767	373,065
		18	-23	ЗС	12,13	0,294	146,298	
5ф	Кабінет	18	-23	В	6,08	0,909	226,767	392,166
		18	-23	ЗС	13,72	0,294	165,399	
123	Сходи	16	-23	В	6,08	0,909	215,705	481,295
		16	-23	ЗС	23,15	0,294	265,590	
124	Коридор 3	16	-23	В	12,17	0,909	431,411	1090,534
		16	-23	ЗС	57,46	0,294	659,123	
127	WC(чол)	20	-23	В	3,37	0,909	131,580	623,222
		20	-23	ЗС	38,87	0,294	491,642	
128	WC(жін)	20	-23	В	3,37	0,909	131,580	239,257
		20	-23	ЗС	8,51	0,294	107,677	
107ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	ЗС	34,72	0,294	418,634	
105ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	ЗС	34,72	0,294	418,634	
104ф	Аудиторія(лекц)	18	-23	В	13,46	0,909	501,840	920,474
		18	-23	ЗС	34,72	0,294	418,634	

Таблиця 3. Теплові втрати приміщень на другому поверсі будівлі

№	Абзац	№	№	№	№	№	№	№
204(1)ф	Кабінет	18	-23	3C	8,085	0,294	97,496	222,956
203(1)ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	190,324
		18	-23	3C	5,379	0,294	64,864	
202(1)ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	191,120
		18	-23	3C	5,445	0,294	65,660	
204ф	Аудиторія	18	-23	B	6,732	0,909	250,920	713,328
		18	-23	3C	38,346	0,294	462,408	
208а	Комп. Клас	20	-23	B	6,732	0,909	263,160	435,109
		20	-23	3C	13,596	0,294	171,949	
211	Коридор	16	-23	B	26,928	0,909	954,720	1558,1
		16	-23	3C	52,602	0,294	603,376	
208ф	Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	204,252
		18	-23	3C	6,534	0,294	78,792	
209ф	Деканат	18	-23	B	10,098	0,909	376,380	599,227
		18	-23	3C	18,48	0,294	222,847	
210ф	Кабінет	18	-23	3C	6,534	0,294	78,792	119,382
		18	-23	B	3,366	0,294	40,590	
211ф	Деканат	18	-23	B	6,732	0,909	250,920	400,148
		18	-23	3C	12,375	0,294	149,228	
212ф	Лабораторія	18	-23	B	10,098	0,909	376,380	597,237
		18	-23	3C	18,315	0,294	220,857	
217	Танц. Зала	18	-23	B	10,098	0,909	376,380	592,860
		18	-23	3C	17,952	0,294	216,480	
223ф	Кладова	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	335,573
		18	-23	3C	17,424	0,294	210,113	
220	Актовий зал	18	-23	B	40,392	0,909	1505,520	3207,12
		18	-23	3C	141,108	0,294	1701,596	
224ф	Кладова	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	637,212
		18	-23	3C	42,438	0,294	511,752	
221ф	Кладова	18	-23	B	3,042	0,909	113,384	200,062
		18	-23	3C	7,188	0,294	86,679	
220ф	Муз. Кабінет	18	-23	B	3,366	0,909	125,460	260,760
		18	-23	3C	11,22	0,294	135,300	

Таблиця 4. Теплові втрати приміщень на третьому поверсі будівлі

№	Призначення	$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	$t_{зов}, ^\circ\text{C}$	Вид огор. констр.	F, м ²	k, Вт/(м ² ·°C)	Q транс, Вт	Q сум, Вт
301ф	Аудиторія	18	-23	В	13,32	0,909	496,473	984,493
		18	-23	ЗС	40,47	0,294	488,021	
319(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	199,477
		18	-23	ЗС	6,138	0,294	74,017	
319(2)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	199,477
		18	-23	ЗС	6,138	0,294	74,017	
324ф	Кафедра	18	-23	В	9,558	0,909	356,253	599,539
		18	-23	ЗС	20,175	0,294	243,287	
324/1ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	195,896
		18	-23	ЗС	5,841	0,294	70,436	
323ф	Кафедра	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	602,809
		18	-23	ЗС	18,777	0,294	226,429	
323(1)ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	252,801
		18	-23	ЗС	10,56	0,294	127,341	
322ф	Аудиторія	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	612,757
		18	-23	ЗС	19,602	0,294	236,377	
321ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	213,803
		18	-23	ЗС	7,326	0,294	88,343	
325ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	194,304
		18	-23	ЗС	5,709	0,294	68,844	
320ф	Кабінет	18	-23	ЗС	12,078	0,294	145,646	226,826
		18	-23	В	6,732	0,294	81,180	
317ф	Аудиторія	18	-23	В	13,464	0,909	501,840	785,970
		18	-23	ЗС	23,562	0,294	284,130	
316ф	Кабінет	18	-23	В	3,366	0,909	125,460	214,201
		18	-23	ЗС	7,359	0,294	88,741	
315ф	Лабораторія	18	-23	В	6,732	0,909	250,920	397,760
		18	-23	ЗС	12,177	0,294	146,840	
314ф	Кафедра	18	-23	В	10,098	0,909	376,380	603,206
		18	-23	ЗС	18,81	0,294	226,826	

Розрахуємо необхідну кількість секцій біметалевого радіатора для типового приміщення 124 Ф (Кабінет).

Визначимо середній температурний напір в нагрівальному приладі формулою (4.32). Так як система опалення двотрубна вертикальна, то температура на вході $t_{вх} = t_r^p$, а перепад температур води в приладі, °C:

$$\Delta t_{o.п} = 95 - 70 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Тоді для двотрубних систем температурний перепад в подавальних трубопроводах гарячої води - $\Delta t_{тр.г} = t_{г}^p - t_{вн}$, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{тр.г} = 95 - 18 = 77^{\circ}\text{C}$$

В поворотних трубопроводах охолодженої води $\Delta t_{тр.о} = t_{о}^p - t_{вн}$.

$$\Delta t_{тр.о} = 70 - 18 = 52^{\circ}\text{C}$$

Середній температурний напір в нагрівальному приладі, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{ср} = \frac{95+70}{2} - 18 = 64,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Лінійна густина теплового потоку відкрито прокладених у приміщенні подавальних трубопроводів

$$q_{тр} = 23 + 1,5(77 - 30) = 93,5$$

Лінійна густина теплового потоку відкрито прокладених у приміщенні зворотних трубопроводів

$$q_{тр} = 23 + 1,5(52 - 30) = 56$$

Тепловий потік від неізольованих трубопроводів системи опалення, відкрито прокладених у приміщенні при вертикальному розмірі подавального трубопроводу 2,75 м і горизонтальному розмірі 0,25 м та вертикальному розмірі зворотного трубопроводу 0,25 м і горизонтальному розмірі 0,25 м.

$$Q_{тр} = 93,5 \cdot (2,75 + 1,28 \cdot 0,25) + 56 \cdot (0,25 + 1,28 \cdot 0,25) = 318,9 \text{ Вт}$$

Розрахункова теплова потужність нагрівального приладу, Вт

$$Q_p = 562 - 0,9 \cdot 318,9 = 275 \text{ Вт}$$

Розрахуємо величину теплового потоку від однієї секції опалювального приладу при перепаді температур 95/70°C **Радіатор біметалевий Euro-Termo 500/96 558x82x96 мм**

$$q_{\Delta t} = q_{\text{ст}} (\Delta t_{\text{ср}} / \Delta t_{\text{ст}})^{1+n}$$

$$q_{\Delta t} = 180 \cdot \left(\frac{64,5}{60}\right)^{1+0,3} = 197$$

Необхідна кількість секцій радіатора:

$$N = \frac{275}{197} = 1,4$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого значення, але кількість секцій опалювального приладу повинна бути не менше трьох. Отже у приміщенні 124 Ф (Кабінет) буде три секції в опалювальному приладі.

Розрахунок для наступних приміщень проводжу аналогічно, та заношу результати розрахунку до таблиці.

№	№	тв,	Qп,	тп,	тк,	lv,	lg,	n,	Тип
ст.	прим.	оС	Вт	оС	оС	м	м	секцій	приладу
1	2	3	4	6	7	8	9	15	16
44	319(1)ф	18	481	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
44	206(1)ф	18	476	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
44	124ф	18	562	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
45	319(2)ф	18	512	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм

45	206(2)φ	18	468	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
45	123φ	18	513	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
2	317φ	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
2	208φ	18	833	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 MM
2	118φ	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
2	020φ	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM
3	317φ	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
3	209φ	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
3	118φ	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
3	020φ	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM
4	317φ	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
4	209φ	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
4	118φ	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
4	021φ	18	404	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
5	317φ	18	414	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM

5	209φ	18	601	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
5	4φ	18	373	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 MM
5	021φ	18	404	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
6	316φ	18	518	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
6	210φ	18	435	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
6	116φ	18	527	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
6	018φ	18	568	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
7	315φ	18	286	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 MM
7	211φ	18	437	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
7	115φ	18	426	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
7	017φ	18	431	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
8	315φ	18	286	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 MM
8	211φ	18	437	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
8	115φ	18	426	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
8	017φ	18	431	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM

9	314φ	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
9	212φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
9	114φ	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
9	016φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
10	314φ	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
10	212φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
10	114φ	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
10	016φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
11	314φ	18	635	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
11	212φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
11	114φ	18	422	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
11	016φ	18	289	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм

12	Сх.кл.	16	203	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
13	313ф	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
13	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
13	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
13	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
14	312ф	18	392	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
14	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
14	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
14	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
15	312ф	18	392	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
15	Танц.	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
15	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
15	015ф	18	143	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
16	113ф	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
16	015ф	18	809	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм

17	309ф	18	287	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
17	223ф	18	631	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
17	3ф	18	621	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
17	012ф	18	633	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм

№	№	тв,	Qп,	тп,	тк,	лв,	лг,	п,	Тип
ст.	прим.	оС	Вт	оС	оС	м	м	секцій	приладу
1	2	3	4	6	7	8	9	15	16
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
18	Корид.	16	318	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
18'	WC(чол)	16	993	95	70	3	0,6	12	500/96 558x82x96 мм
18'	224ф	16	505	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
18'	WC(чол)	16	993	95	70	3	0,6	12	500/96 558x82x96 мм
18'	8ф	16	474	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм

19	WC(чол)	18	993	95	70	3	0,6	13	500/96 558x82x96 мм
19	224ф	18	505	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
19	WC(чол)	18	993	95	70	3	0,6	13	500/96 558x82x96 мм
19	8ф	18	474	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
20	WC(ж)	18	1128	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
20	221ф	18	497	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
20	WC(ж)	18	1063	95	70	3	0,6	14	500/96 558x82x96 мм
20	7ф	18	263	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
21	219ф	18	503	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
21	220ф	18	448	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
21	107ф	18	501	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
21	019ф	18	844	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 мм
23	219ф	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
23	07ф	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
24	219ф	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 мм

24	07φ	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
25	219φ	18	1187	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
25	07φ	18	1195	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
26	217φ	18	501	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
26	218φ	18	833	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 MM
26	105φ	18	498	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
26	006φ	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
28	217φ	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
28	05φ	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
29	217φ	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
29	05φ	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
30	217φ	18	1181	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
30	05φ	18	1192	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
31	215φ	18	504	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
31	216φ	18	860	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 MM

31	104φ	18	500	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
31	004φ	18	865	95	70	3	0,6	11	500/96 558x82x96 MM
33	215φ	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
33	003φ	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
34	215φ	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
34	003φ	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
35	215φ	18	1188	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
35	003φ	18	1194	95	70	6	0,6	15	500/96 558x82x96 MM
36	302φ	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
36	214φ	18	804	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM
36	2φ	18	800	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM
36	002Φ	18	499	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
37	302φ	18	488	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
37	214φ	18	804	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM
37	2φ	18	800	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 MM

37	002Ф	18	499	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
38	Сходи	16	1068	95	70	3	0,6	15	500/96 558x82x96 мм
39	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
39	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
39	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
39	001ф	18	776	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
40	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
40	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
40	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
40	001ф	18	776	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм
41	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
41	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм

41	126ф	18	384	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
42	301ф	18	406	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
42	201ф	18	538	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
42	Вахт	18	568	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
43	Корид.	16	1415	95	70	3	0,6	17	500/96 558x82x96 мм
43	319ф	18	554	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
43	21ф	18	652	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм

№	№	тв,	Qп,	тп,	тк,	lv,	lg,	n,	Тип
ст.	прим.	оС	Вт	оС	оС	м	м	секцій	приладу
1	2	3	4	6	7	8	9	15	16
47	121(1)ф	18	440	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
47	204(1)ф	18	487	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
47	324ф	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
46	324ф	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
46	205(1)ф	18	495	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
46	122ф	18	498	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм

46	030(1)φ	18	322	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 MM
49	030(2)φ	18	629	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 MM
49	121φ	18	712	95	70	3	0,6	9	500/96 558x82x96 MM
49	202(1)φ	18	438	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 MM
49	324(1)φ	18	368	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 MM
48	324φ	18	614	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 MM
48	203(1)φ	18	469	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
48	121φ	18	712	95	70	3	0,6	9	500/96 558x82x96 MM
48	030(1)φ	18	322	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 MM
50	323φ	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
50	323φ	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
50	323φ	18	587	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 MM
50	323(1)φ	18	526	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 MM
51	204φ	18	653	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 MM
51	204φ	18	653	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 MM

51	208a	18	249	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
51	208a	18	249	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
58	030ф	18	528	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
58	119ф	18	496	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
58	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
58	320ф	18	371	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	320ф	18	371	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
57	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
57	030ф	18	528	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
56	030(4)ф	18	306	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
56	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
56	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56	325ф	18	438	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56`	Корид.	16	196	95	70	3	0,6	10	500/96 558x82x96 мм

56`	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
56`	120ф	18	651	95	70	3	0,6	8	500/96 558x82x96 мм
56`	030(5)ф	18	493	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54``	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	321ф	18	467	95	70	3	0,6	6	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
54`	322ф	18	417	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
	Акт. Зал	18	17554	95	70	3	0,6		500/96 558x82x96 мм
	Акт. Зал	18	17554	95	70	3	0,6		500/96 558x82x96 мм
4а	13ф	18	337	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
4а	13ф	18	337	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм

4a	Корид.	16	205	95	70	3	0,6	4	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	442	95	70	3	0,6	5	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
4a	14ф	18	205	95	70	3	0,6	2	500/96 558x82x96 мм
3a	11ф	18	581	95	70	3	0,6	7	500/96 558x82x96 мм
3a	6ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
3a	6ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
2a	10ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
2a	5ф	18	308	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	10ф	18	295	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	5ф	18	308	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	Корид.	18	253	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм
1a	Корид.	18	253	95	70	3	0,6	3	500/96 558x82x96 мм

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Богдана Кирила Євгеновича
(прізвище, ім'я, по-батькові студента)

№ з/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
	Проект модернізації системи вентиляції корпусу «Ф» Полтавського Національного Технічного Університету імені Юрія Кондратюка	друк	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVII Міжн.наук.-практ. Конференції молодих вчених і студентів, Київ, 23-26 квітня 2019р. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2019 – Т1 - с	1	

Автор

К.Є. Богдан
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	ТП 81мп 46 01 ПЗ	Пояснювальна записка	94	
3	A1	ТП 81мп 46 01 001ОВ	Схеми системи опалення	2	
4	A1	ТП 81мп 46 01 003ОВ	Плани систем опалення	2	
5	A1	ТП 81мп 46 01 005ОВ	Схеми систем вентиляції	1	
6	A1	ТП 81мп 46 01 006ОВ	Плани систем опалення	3	
7	A1	ТП 81мп 46 01 009АОВ	Схема автоматизації приточно-витяжної установки	1	
8	A4		Технічне завдання на інженерно-проектну роботу	1	
9	A4		Звіт з проходження перевірки на академічний плагіат	1	
10	A4		Акт впровадження результатів роботи	1	

				ТП 81мп 46 01		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Богдан			Відомість магістерської дисертації	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Шовкалюк					1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, Каф. ТПТ, Гр. ТП – 81мп	
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					

Додаток В

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Хітекс інжиніринг»

(керівник підприємства, організації)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів магістерської дисертації

студента КПІ ім. Ігоря Сікорського Богдана Кирила Євгеновича

Результати магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра студента теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського Богдана К. Є. на тему «Реконструкція системи опалення і вентиляції корпусу «Ф» Полтавського НТУ імені Юрія Кондратюка» взяті на розгляд для упровадження в компанії ТОВ «Хітекс інжиніринг» в частині розрахунків теплових теплового навантаження будівлі, підбору опалювальних приладів, гідравлічного розрахунку системи опалення, розрахунку повітрообмінів у приміщеннях, підбору вентиляційного обладнання, аеродинамічного розрахунку систем вентиляції.

Головний інженер проекту

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.